

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20191212002

http://www.yykxjz.cn/

邓裕坚, 易木荣, 李波, 刘思杓, 邱康文, 沈春燕, 何雄波, 颜云榕. 北部湾春季多齿蛇鲻生物学特征及其年际变化. 渔业科学进展, 2021, 42(2): 36-44
Deng YJ, Yi MR, Li B, Liu SB, Qiu KW, Shen CY, He XB, Yan YR. Biological characteristics and inter-annual changes of *Saurida tumbil* in spring in the Beibu Gulf, South China Sea. Progress in Fishery Sciences, 2021, 42(2): 36-44

北部湾春季多齿蛇鲻生物学特征及其年际变化*

邓裕坚¹ 易木荣^{1,2} 李波¹ 刘思杓¹ 邱康文¹
沈春燕^{1,3} 何雄波^{1①} 颜云榕^{1,2,3,4①}

1. 广东海洋大学水产学院 湛江 524088;
2. 南方海洋科学与工程广东省实验室(湛江)南海资源大数据中心 湛江 524013;
3. 广东省南海深远海渔业管理与捕捞工程技术研究中心 湛江 524088;
4. 广东海洋大学深圳研究院海洋渔业信息化技术中心 深圳 518120)

摘要 根据北部湾渔港采样及海上调查生物学测定与数据分析,研究了北部湾多齿蛇鲻(*Saurida tumbil*)春季生物学特征及其年际变化。结果显示,2008~2018年春季,多齿蛇鲻个体呈小型化趋势,各年度平均体长范围为15.8~16.9 cm,平均体质量范围为48.8~77.5 g,2018年的平均体长和平均体质量比2008年分别降低了6.5%和34.5%。体长-体质量关系式中的异速生长参数 b 的范围为3.03~3.42,表明春季群体主要呈正异速生长状态($b>3$)。性成熟体长年际变化分析表明,北部湾多齿蛇鲻存在性成熟提前的现象,雌性群体50%性成熟体长从2008年(19.0 cm)至2018年(16.6 cm)整体呈减小趋势,10年间减小比例为12.6%,其中,2011~2015年海上采样的样品对比显示,50%性成熟体长减小比例为3.8%。2008~2018年北部湾多齿蛇鲻的肥满度整体呈下降趋势,均值变化范围为1.09~1.29,渔港采样样品和海上采样样品的肥满度年际变化皆呈下降趋势。

关键词 北部湾;多齿蛇鲻;生物学特征;50%性成熟体长;肥满度;年际变化

中图分类号 S931.1 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2021)02-0036-09

鱼类生物学特征是评价渔业资源现状的重要内容,其指标的对比分析可反映种群结构以及资源动态,对渔业资源利用评价和科学管理策略制定具有重要的参考意义(黄硕琳等,2019)。体长和体质量是鱼类的基本生物学特征,能反映鱼类个体生理状态和种群结构变动(Andersen *et al*, 2016);体长-体质量关系在一定程度上能反映鱼类的生长状况(詹秉义,1995);

鱼类50%性成熟体长(L_{50})是研究渔业资源质量和评估管理的基础指标之一(詹秉义,1995);肥满度则是反映鱼类营养状况的重要指标(戴强等,2006)。

多齿蛇鲻(*Saurida tumbil*)(Bloch, 1795),隶属狗母鱼科,为暖水性底层鱼类,分布于印度洋和太平洋西岸,在我国主要分布于东海和南海,是北部湾海域底拖网渔业的重要经济种(陈再超等,1982;刘金殿,

* 国家重点研发计划项目(2018YFD0900905)、南方海洋科学与工程广东省实验室(湛江)资助项目(ZJW-2019-08)和广东省科技计划项目(2018B030320006)共同资助 [This study was supported by National Key R&D Program of China (2018YFD0900905), the Fund of Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Zhanjiang) (ZJW-2019-08), and Science and Technology Plan Projects of Guangdong Province (2018B030320006)].

邓裕坚, E-mail: yujiandeng@126.com

① 通讯作者: 颜云榕, 教授, E-mail: tuna_ps@126.com; 何雄波, E-mail: xiongbo98@163.com

收稿日期: 2019-12-12, 收修改稿日期: 2020-05-12

2009; 傅昕龙等, 2019)和传统优势种(乔延龙等, 2008; 王雪辉等, 2011、2012)。国内外学者对多齿蛇鲻的生长特征(Singh *et al.*, 1995; 舒黎明等, 2004; 侯刚等, 2014)、年龄结构(Rao, 1984; Ambak *et al.*, 1986)、鳞片特征(张其永等, 1987; Jawad *et al.*, 2007)、摄食习性(颜云榕等, 2010; 杨璐等, 2016)和种群动态(Jaiswar *et al.*, 2003)等方面开展过大量研究。研究发现, 近几十年来, 多齿蛇鲻已出现不同程度的资源衰退现象, 主要表现为种群结构低龄化、小型化, 资源量和资源密度下降等(卢振彬等, 1999; 王跃中等, 2008)。孙典荣(2008)和Wang等(2012)分别从资源量和种群动力学方面评估多齿蛇鲻的资源状况, 发现北部湾多齿蛇鲻已遭过度开发, 出现资源衰退的趋势。渔业资源衰退除资源量下降和开发率过高等表现外, 物种的生物学特征也会发生显著变化。近10年来, 对于北部湾衰退资源种多齿蛇鲻的生物学特征产生的变化仍不清楚, 这制约着对多齿蛇鲻的管理和保护, 其衰退趋势是否有所改观, 仍有待进一步研究。

本研究根据北部湾春季沿岸渔港采样(2008、2018年)和底拖网调查采样(2011、2015年)数据, 分别采用体长-体质量关系参数、性成熟比例、50%性成熟体长和肥满度参数等生物学指标, 通过对比分析, 研究

该海域多齿蛇鲻生物学特征及其年际变化, 探明资源衰退下生物学特征的变化幅度及趋势, 旨在为北部湾多齿蛇鲻资源的合理利用和有效管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与数据来源

分别于2008、2011、2015和2018年春季对南海北部湾多齿蛇鲻进行采样。其中, 2008和2018年为渔港定点采样, 采样站点分别为广东湛江江洪港和广西北海侨港, 对底拖网上岸渔获物进行随机抽样; 2011和2015年的样品通过海上调查采集(表1)。4个年度共采样1063尾。按《海洋调查规范》(国家海洋局, 2007)进行生物学测定与解剖, 测定指标有体长、体质量和性成熟度等, 其中, 体长精确到0.1 cm, 体质量精确到0.1 g。性成熟度分期主要参照刘筠(1993)的方法分为6期。由于2008和2011年的样本量与2015和2018年的样本量相差较大, 本研究利用软件SPSS 19.0, 采用按月分层随机抽样方法(袁兴伟等, 2011), 对2008和2011年的数据抽样, 使相同采样方式得到相同样品量, 以消除样本量差异对多齿蛇鲻生物学分析结果的影响, 即2008年抽取57尾, 2011年抽取48尾。

表 1 北部湾多齿蛇鲻底拖网样品采样信息
Tab.1 Sampling information of *S. tumbil* using bottom trawl in the Beibu Gulf

年度 Year	月份 Month	地点 Locations	样品数 Samples	分层抽样数 Stratified sampling size
2008	3~4	渔港采样: 北海侨港、湛江江洪 Fishing port sampling: Qiaogang Town, Beihai City; Jianghong Town, Zhanjiang City	353	57
2011	4	海上采样: 17°~22°N; 105°~110°E Marine survey: 17°~22°N; 105°~110°E	605	48
2015	4	海上采样: 17°~22°N; 105°~110°E Marine survey: 17°~22°N; 105°~110°E	48	48
2018	3~4	渔港采样: 北海侨港、湛江江洪 Fishing port sampling: Qiaogang Town, Beihai City; Jianghong Town, Zhanjiang City	57	57

1.2 数据处理与分析

体长-体质量关系采用幂函数表示:

$$W=aL^b$$

式中, W 为体质量(g); L 为体长(cm); a 、 b 为该公式的参数, 其中, b 又被称为异速生长参数。当 $b=3$ 时, 鱼类个体呈等速生长; $b>3$ 时, 呈正异速生长; $b<3$ 时, 呈负异速生长(Froese, 2006; Pitcher *et al.*, 1982)。

50%性成熟体长: 以长度 1.0 cm 为间隔, 对体长数据进行分组, 对不同体长组的性成熟个体百分比拟合逻辑斯蒂曲线, 确定其 50%性成熟体长:

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(a+bl_i)}}$$

$$L_{50} = a/b$$

式中, P_i 为性成熟个体在该体长组内样本中所占百分比; l_i (cm) 为各体长组中值; a 、 b 为估算参数; L_{50} 为 50%性成熟体长。

肥满度采用 Fulton 状态指数 K (Fulton, 1911)表示:

$$K=(W/L^3)\times 100$$

式中, W 为体质量(g), L 为体长(cm)。

数据分析使用软件 SPSS 19.0, 平均体长、平均体质量和肥满度的年间差异使用单因素方差分析(One-way ANOVA)检验, 体长-体质量关系参数的年间差异使用协方差分析(ANCOVA)检验。

2 结果

2.1 体长和体质量的分布特征

2008 和 2018 年渔港采样中, 北部湾春季多齿蛇鲻体长范围为 10.3~29.8 cm, 体质量范围为 9.7~366.1 g, 体长和体质量优势组分别为 14.0~18.0 cm 和 30.0~70.0 g, 体长优势组分别占比 56.1%和 63.2%, 体质量优势组分别占比 57.9%和 59.6%。平均体长分别为 16.9 和 15.8 cm, 平均体质量为分别为 77.5 和 50.8 g; 与 2008 年相比, 2018 年平均体长下降 6.5%, 平均体质量下降 34.5%(图 1, 表 2)。

2011和2015年海上采样中, 样品体长范围为 12.0~23.6 cm, 体质量范围为 17.8~160.7 g, 体长和体质量优势组分别为 14.0~18.0 cm和30.0~70.0 g, 体长优势组分别占比68.8%和75.0%, 体质量优势组分别占比72.9%和75.0%。平均体长分别为 16.0和16.3 cm, 平均体质量为分别为 52.9和48.8 g; 与2011年相比,

2015 年平均体长增加比例为 1.9%, 平均体质量下降 7.8%(图 1, 表 2)。

北部湾多齿蛇鲻的体长分布范围为 10.3~29.8 cm, 体质量分布范围为 9.7~366.1 g, 各年度的体长优势组和体质量优势组无明显变化, 分别为 14.0~18.0 cm 和 30.0~70.0 g。平均体长和体质量呈波动下降趋势, 平均体长最大值为 2008 年的 16.9 cm, 最小值为 2018 年的 15.8 cm, 平均体质量最大值为 2008 年的 77.5 g, 最小值为 2015 年的 48.8 g。2008~2018 年平均体长和平均体质量分别下降 6.5%和 34.5%(图 1, 表 2)。

单因素方差检验表明, 平均体长除 2018 年显著小于 2008 年外($P<0.05$), 各年间差异不显著($P>0.05$); 2008 年平均体质量显著大于其余年度($P<0.05$), 2011、2015 和 2018 年间差异不显著($P>0.05$)。

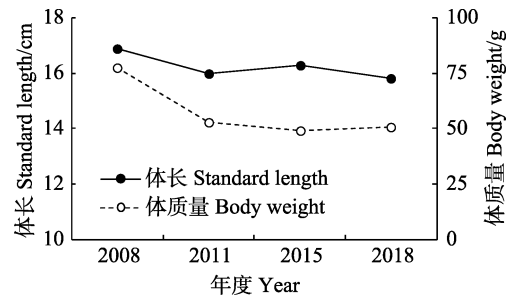


图 1 多齿蛇鲻平均体长和体质量年际变化

Fig.1 Inter-annual changes in the average standard length and body weight of *S. tumbil* in the Beibu Gulf

表 2 多齿蛇鲻体长和体质量分布特征

Tab.2 Distribution characteristics of standard length and body weight of *S. tumbil*

项目 Item		年度 Year			
		2008	2011	2015	2018
体长 Standard length (SL) (cm)	范围 Range	11.7~29.8	12.2~23.6	12.0~20.5	10.3~21.5
	平均值 Mean	16.9	16.0	16.3	15.8
	标准偏差 SD	4.5	2.2	1.8	2.2
	优势组 Dominant	14.0~18.0	14.0~18.0	14.0~18.0	14.0~18.0
	优势组比例 Percentage (%)	56.1	68.8	75.0	63.2
体质量 Body weight (BW) (g)	范围 Range	19.8~366.1	19.8~160.7	17.8~95.3	9.7~126.6
	平均值 Mean	77.5	52.9	48.8	50.8
	标准偏差 SD	80.2	28.5	17.0	24.3
	优势组 Dominant	30.0~70.0	30.0~70.0	30.0~70.0	30.0~70.0
	优势组比例 Percentage (%)	57.9	72.9	75.0	59.6

2.2 体长-体质量关系

2008~2018 年北部湾春季多齿蛇鲻体长-体质量关系参数 a 的范围为 0.0037~0.0119, 年际变化总体呈下降趋势; 其中, 最大值出现在 2008 年, 最小值

出现在 2018 年。异速生长参数 b 的范围为 3.03~3.42, 群体主要呈正异速生长状态, 年际变化总体呈上升趋势, 最高值为 2018 年的 3.42, 最低值为 2008 年的 3.03; 2008 和 2018 年的参数 b 差异极显著($P<0.01$), 2011 与 2015 年差异不显著($P>0.05$)(表 3)。

表 3 多齿蛇鲷的体长-体质量关系参数
Tab.3 Relationship parameters of standard length-body weight for *S. tumbil*

年度 Year	<i>a</i>	95%置信区间 95%CL	<i>b</i>	95%置信区间 95%CL	相关系数 R^2
2008	0.0119	0.0085~0.0167	3.03	2.91~3.15	0.98
2011	0.0070	0.0072~0.0172	3.19	2.87~3.52	0.89
2015	0.0059	0.0033~0.0106	3.22	3.01~3.43	0.95
2018	0.0037	0.0019~0.0073	3.42	3.18~3.67	0.93

注: *a*, *b*: 体长(cm)-体质量(g)关系参数

Note: *a*, *b*: Standard length-body weight relationship parameters

2.3 性成熟比例

2008 和 2018 年渔港采样中, 北部湾多齿蛇鲷性成熟比例分别为 29.8%和 25.0%, 与 2008 年相比, 2018 年下降 4.8%(图 2)。2011 和 2015 年海上采样中, 性成熟比例分别为 22.9%和 16.7%, 与 2011 年相比, 2015 年下降 6.2%(图 2)。

北部湾多齿蛇鲷春季性成熟比例范围基本保持在 20%左右, 不同年度性成熟个体比例为 16.7%~29.8%, 平均值为 23.6%, 比例最高的年度为 2008 年, 比例最低的年度为 2015 年, 年际变化总体呈先减小后增大的趋势(图 2)。

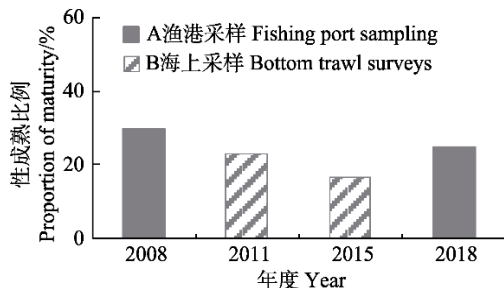


图 2 北部湾多齿蛇鲷性成熟比例年际变化
Fig.2 Inter-annual changes in proportion of maturity *S. tumbil* in the Beibu Gulf

2.4 50%性成熟体长

2008和2018年渔港采样中, 多齿蛇鲷雌性群体的50%性成熟体长分别为19.0和16.6 cm, 与2008年相比, 2018年下降12.6%(图3)。2011和2015年海上采样中, 多齿蛇鲷雌性群体50%性成熟体长分别为18.6和17.9 cm, 与2011年相比, 2015年下降3.8%(图3)。多齿蛇鲷雌性群体 50%性成熟体长年际变化范围为16.6~19.0 cm, 呈下降趋势(图3, 图4)。最大值出现在2008年, 最小值出现在2018年, 10年间50%性成熟体长降幅达12.6%。

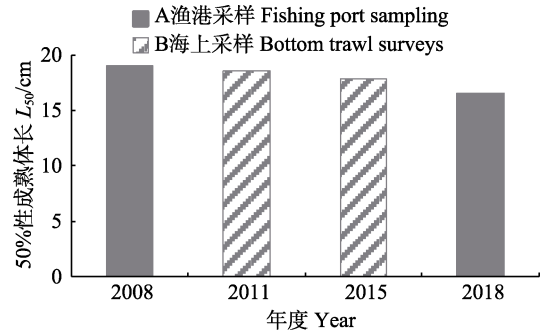


图 3 北部湾多齿蛇鲷雌性群体 50%性成熟体长年际变化
Fig.3 Inter-annual changes in the length at 50% maturity of female *S. tumbil* in the Beibu Gulf

2.5 肥满度的年际变化

2008 和 2018 年渔港采样中, 多齿蛇鲷肥满度的均值分别为 1.29 和 1.19。与 2008 年相比, 2018 年肥满度下降 7.8%。2011 和 2015 年海上采样中, 多齿蛇鲷肥满度均值分别为 1.21 和 1.09。与 2011 年相比, 2015 年肥满度下降 9.5%。经单因素方差检验, 除 2011 与 2018 年差异不显著外, 其余各年度肥满度差异显著($P < 0.01$)(图 5)。

2008~2018 年的年际变化呈先减小后增大的趋势, 变化范围为 1.09~1.29。2008 年样品的肥满度整体水平最高, 最低点出现在 2015 年(图 5)。

随着体长增长, 多齿蛇鲷的肥满度呈逐渐增大的趋势(图 6)。渔港采样部分(图 6A), 2008 年不同体长组的肥满度均值范围为 1.19~1.39, 最低值出现在 22~24 cm 体长组, 最大值出现在 28~30 cm 体长组; 2018 年的范围为 0.88~1.29, 最低值出现在 10~12 cm 体长组, 最大值出现在 16~18 cm 体长组。海上采样部分(图 6B), 2011 年不同体长组肥满度均值的范围为 1.12~1.48, 最低值出现在 18~20 cm 体长组, 最大值出现在 20~22 cm 体长组; 2015 年的范围为 1.04~1.14, 最低值出现在 10~12 cm 体长组, 最大值出现在 18~20 cm 体长组。

3 讨论

3.1 生物学特征

在长时间的高强度捕捞压力下, 鱼类的表型特征会对所处的环境产生响应性变化, 其中, 体长和体质量的变化是最直接的响应(Law, 2000; Conover *et al*, 2002)。本研究表明, 10 多年来北部湾多齿蛇鲷个体呈现一定程度的小型化现象, 渔港采样部分平均体长和体质量变化显著; 而海上采样部分可能因为采样时间间隔相对较短, 种群生物学特性变化不明显, 平均

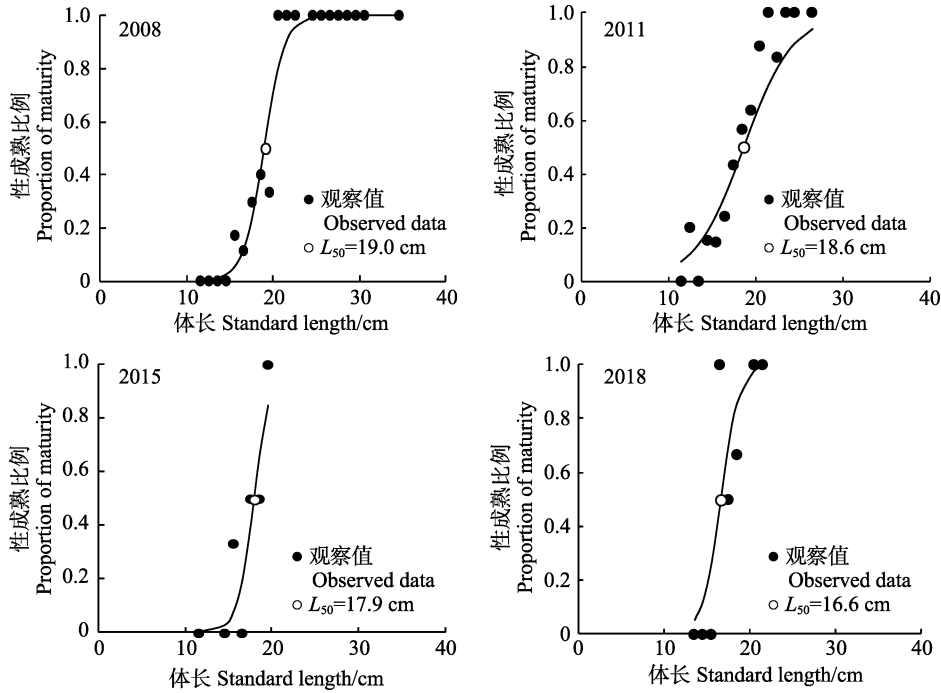


图 4 北部湾多齿蛇鲻个体性成熟比例与体长拟合的逻辑斯蒂曲线

Fig.4 Logistics model fitted for the relationship between standard length and percentage of mature *S. tumbil* in the Beibu Gulf

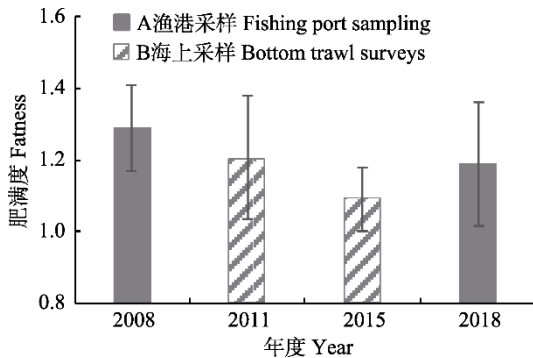


图 5 北部湾多齿蛇鲻肥满度年度变化
Fig.5 Inter-annual changes in fatness of *S. tumbil* in the Beibu Gulf

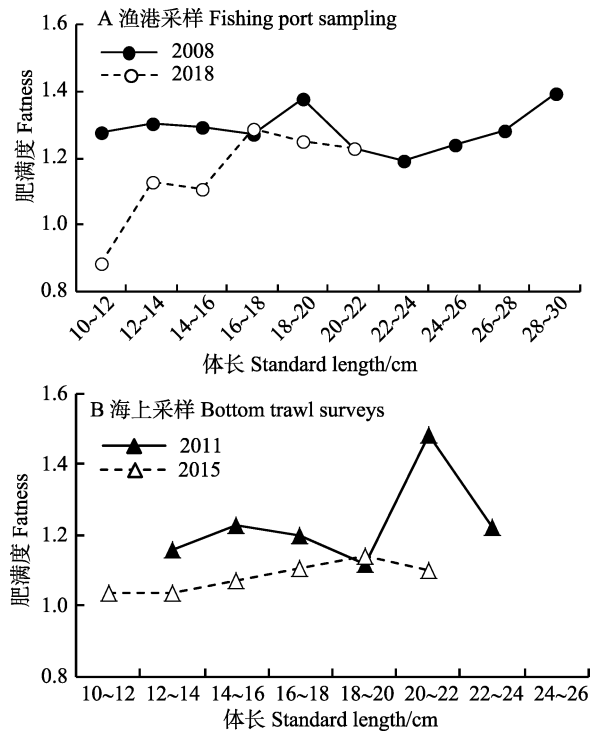


图 6 北部湾多齿蛇鲻不同体长肥满度变化
Fig.6 The change in fatness of *S. tumbil* of different standard length in the Beibu Gulf

体长和平均体质量变化幅度相对较小。与黄梓荣 (2002)的研究对比,本研究 2018 年春季多齿蛇鲻平均体长比 2001 年小 10.7% (1.9 cm)。类似地,王雪辉等 (2012)研究发现,1997~1999 年到 2006~2007 年期间南海海域多齿蛇鲻渐进体长下降了 47%。研究发现,北部湾大部分传统经济鱼类存在生物学衰退的现象,有学者提出鱼类生物学衰退的原因是过度捕捞(张魁等, 2016a、b; 耿平等, 2018)。除过高的捕捞压力外,也有学者认为,生物学衰退的表现跟人类的选择性捕捞活动有关(Rutter, 1902)。不同尺寸的网囊对渔获物的选择能力有所差别(许庆昌等, 2020),且大多数网具对鱼类具有“捕大留小”的选择性,导致生长慢的

基因得以保存,且得到更多表达,而生长较快的基因逐渐被淘汰,剩余群体逐渐向小型化的趋势发展 (Pitcher *et al*, 1982; Conover *et al*, 2002)。

除此之外,有研究表明北部湾部分经济鱼类存在一定程度的性成熟提前现象,如深水金线鱼(*Nemipterus bathybius*)(陈作志等,2012a)和二长棘犁齿鲷(*Evynnis cardinalis*)(张魁等,2016a),过度捕捞导致 L_{50} 下降。本研究发现,近年来,北部湾多齿蛇鲻同样发生了性成熟提前,渔港采样部分2018年的 L_{50} 比2008年小2.4 cm,2015年海上采样部分比2011年小0.7 cm,总体上, L_{50} 呈逐渐减小趋势,与同是蛇鲻属的花斑蛇鲻(*Saurida undosquamis*)的变化趋势一致(陈作志等,2012b)。在捕捞压力影响下,为了种群的延续,鱼类会产生性成熟提前的适应性变化,国际上称为捕捞诱导进化(Heino *et al.*, 2015; 单秀娟等, 2020)。而对于在捕捞活动终止后,性成熟提前是否会发生逆转,相关学者提出了不同的观点。de Roos等(2006)通过生态动力学模型和进化动力学方法,发现鱼类的群体结构及表征容易受捕捞压力的影响,产生不可逆的响应。但也有学者认为是可逆的,Conover等(2009)研究发现,在过高捕捞压力下产生适应性响应的鱼类,在停止捕捞活动后,这种响应机制将在新的12个世代后发生逆转。黄梓荣(2002)研究发现,在实施休渔政策后,南海北部海域多齿蛇鲻资源有一定程度的恢复,说明捕捞强度的降低或有效控制有利于鱼类小型化趋势的逆转。

3.2 体长-体质量的关系及肥满度

本研究多齿蛇鲻的异速生长参数 b 值范围为 3.03~3.42,与 Carlander (1969)研究发现的的大部分鱼类 b 值落在 2.5~3.5 之间的结果一致。且 b 值均大于 3,说明春季多齿蛇鲻处于正异速生长状态,与王理想(2009)对北部湾春季多齿蛇鲻异速生长参数的研究结果一致(表 4)。而其他学者关于多齿蛇鲻年度异速生长参数的估算大部分接近 3,呈匀速生长(表 4)。相对于其他季节,春季的 b 值偏大,可能是由于多齿蛇鲻在春季处于育肥阶段,所摄取的能量主要用于性腺的发育,个体体长增长率相对小于体质量增长率,表现为正异速生长。Froese(2006)研究发现, b 值变化受生长发育及环境等因素影响。从生长发育来看,北部湾多齿蛇鲻全年存在 3 个繁殖高峰期,春季属于主要繁殖期之一,且繁殖期间并未停止进食或降低摄食强度(颜云榕等,2010),为性腺发育提供大量能量(Hofer *et al.*, 1985),从而表现出体质量的增速相对高于体长的增速;从环境因素来看,多齿蛇鲻主要栖息于近海底层,分布水深约为 40~150 m,处于沿岸水与外海水交界,小型鱼类资源种类及营养物质丰富,是生物量最高的海域(贾晓平等,2005),是多齿蛇鲻摄食与繁殖发育的主要场所,为多齿蛇鲻的快速生长提供了有利条件。

表 4 南海多齿蛇鲻异速生长参数的差别
Tab.4 Difference of allometric parameters for *S. tumbil* in South China Sea

采样时间 Sampling time		海域 Sea area	异速生长参数 b Allometric parameter b	参考文献 References
年度 Year	月份 Month			
1964~1965	1~12	南海北部海南岛以东 The northern part of the South China Sea, east of Hainan Island	3.17	中华人民共和国水产部 南海水产研究所(1966)
1964~1965	1~2, 5~12	南海北部海南岛以东 The northern part of the South China Sea, east of Hainan Island	3.01	舒黎明等(2004)
1981~1982	-	南海北部大陆架 The northern shelf of the South China Sea	2.98	舒黎明等(2004)
1997~1999	-	南海北部大陆架 The northern shelf of the South China Sea	3.06	舒黎明等(2004)
2006	4	北部湾 Beibu Gulf	3.40	王理想(2009)
2006~2008	1~12	北部湾 Beibu Gulf	3.27	刘金殿等(2009)
2006~2007	1、4、7、10	北部湾 Beibu Gulf	3.05	Wang 等(2012)
2008	3~4	北部湾 Beibu Gulf	3.03	本研究 This study
2011	4	北部湾 Beibu Gulf	3.19	本研究 This study
2015	4	北部湾 Beibu Gulf	3.22	本研究 This study
2018	3~4	北部湾 Beibu Gulf	3.42	本研究 This study

鱼类在过度捕捞压力下, 剩余群体所摄取的能量主要用于生长和性腺发育, 导致其肥满度降低(李忠炉等, 2011)。本研究中, 2008年多齿蛇鲭的肥满度为最大值, 随后出现降低, 至2018年有回升的迹象; 另外, 对渔港采样和海上采样数据进行单独分析, 肥满度的年际变化皆呈下降趋势。此外, 随着体长增长, 多齿蛇鲭的肥满度呈逐渐增长的趋势。Panda等(2016)认为, 小尺寸的群体生存状况较差, 肥满度小; 而Fulton(1904)则认为, 鱼类早期生长速度相对较快, 从而表现出小尺寸群体的肥满度较低。本研究数据支持Fulton的观点, 判断鱼类在特定阶段生存状态的好坏, 仍需考虑环境条件或自身生理状态的影响。

参 考 文 献

- Ambak MA, Mohammad Mohsin AK, Mohd Said MZ. Growth characteristics of lizard fish (Fam: Synodontidae) in the South China Sea. *Pertanika*, 1986, 9(2): 261–263
- Andersen KH, Jacobsen NS, Farnsworth KD, *et al.* The theoretical foundations for size spectrum models of fish communities. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2016, 73(4): 575–588
- Carlander KD. Handbook of freshwater fishery biology. Iowa: Iowa State University Press, 1969
- Chen ZC, Liu JX. Economic fish in South China Sea. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 1982, 56–59 [陈再超, 刘继兴. 南海经济鱼类. 广州: 广东科技出版社, 1982, 56–59]
- Chen ZZ, Kong XL, Xu SN, *et al.* Dynamic changes of population parameters of *Nemipterus bathybius* in the Beibu Gulf. *Journal of Fisheries of China*, 2012a, 36(4): 584–591 [陈作志, 孔啸兰, 徐姗楠, 等. 北部湾深水金线鱼种群参数的动态变化. *水产学报*, 2012a, 36(4): 584–591]
- Chen ZZ, Qiu YS, Xu SN, *et al.* Evolution of biological characteristics of *Saurida undosquamis* (Richardson) in the Beibu Gulf, South China Sea. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2012b, 19(2): 321–328 [陈作志, 邱永松, 徐姗楠, 等. 北部湾花斑蛇鲭生物学特征的演化. *中国水产科学*, 2012b, 19(2): 321–328]
- Conover DO, Munch SB, Arnott SA. Reversal of evolutionary downsizing caused by selective harvest of large fish. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2009, 276(1664): 2015–2020
- Conover DO, Munch SB. Sustaining fisheries yields over evolutionary time scales. *Science*, 2002, 297(5578): 94–96
- Dai Q, Dai JH, Li C, *et al.* Discussion on relative fatness. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2006, 12(5): 715–718 [戴强, 戴建洪, 李成, 等. 关于肥满度指数的讨论. *应用与环境生物学报*, 2006, 12(5): 715–718]
- de Roos AM, Boukal DS, Persson L. Evolutionary regime shifts in age and size at maturation of exploited fish stocks. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2006, 273(1596): 1873–1880
- Froese R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 2006, 22(4): 241–253
- Fu XL, Xu ZL, Que JL, *et al.* Temporal-spatial distribution characteristics of fish stocks in north-west coastal waters of Beibu Gulf. *Fisheries Science*, 2019, 38(1): 10–18 [傅昕龙, 徐兆礼, 阙江龙, 等. 北部湾西北部近海鱼类资源的时空分布特征研究. *水产科学*, 2019, 38(1): 10–18]
- Fulton TW. The rate of growth of fishes. 22nd Annual Report of the Fishery Board of Scotland, 1904(3): 141–241
- Fulton TW. The sovereignty of the sea. London and Edinburgh: Williana Blackwood and Sons, 1911
- Geng P, Zhang K, Chen ZZ, *et al.* Interannual change in biological traits and exploitation rate of *Decapterus maruadsi* in Beibu Gulf. *South China Fisheries Science*, 2018, 14(6): 1–9 [耿平, 张魁, 陈作志, 等. 北部湾蓝圆鲹生物学特征及开发状态的年际变化. *南方水产科学*, 2018, 14(6): 1–9]
- Heino M, Pauli BD, Dieckmann U. Fisheries-induced evolution. *Annual Review of Ecology Evolution & Systematics*, 2015, 46(1): 461–480
- Hofer R, Krewedl G, Koch F. An energy budget for an omnivorous cyprinid: *Rutilus rutilus* (L.). *Hydrobiologia*, 1985, 122(1): 53–59
- Hou G, Liu JD, Feng B, *et al.* Applying multi-model inference to estimate growth parameters of greater lizard fish *Saurida tumbil* in Beibu Gulf, South China Sea. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(3): 843–849 [侯刚, 刘金殿, 冯波, 等. 应用多模型推论估算北部湾多齿蛇鲭的生长参数. *应用生态学报*, 2014, 25(3): 843–849]
- Huang SL, Tang Y. Review and prospect of theories of fisheries management and China's practice. *Journal of Fisheries of China*, 2019, 43(1): 211–231 [黄硕琳, 唐议. 渔业管理理论与中国实践的回顾与展望. *水产学报*, 2019, 43(1): 211–231]
- Huang ZR. Effect of close season on Bloch et Schneider (*Saurida tumbil*) stock in the North of South China Sea. *Journal of Zhanjiang Ocean University*, 2002, 22(6): 26–31 [黄梓荣. 休渔对南海北部多齿蛇鲭资源的影响. *湛江海洋大学学报*, 2002, 22(6): 26–31]
- Jaiswar AK, Chakraborty SK, Prasad RR, *et al.* Population dynamics of lizard fish *Saurida tumbil* (Teleostomi: Synodontidae) from Mumbai, west coast of India. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 2003, 32(2): 147–150
- Jawad LA, Al-Jufaili SM. Scale morphology of greater lizardfish *Saurida tumbil* (Bloch, 1795) (Pisces: Synodontidae). *Journal of Fish Biology*, 2007, 70(4): 1185–1212
- Jia XP, Li CH, Qiu YS. Investigation and evaluation of marine fishery resources of Guangdong Province and countermeasures for sustainable utilization. Beijing: China Ocean Press, 2005 [贾晓平, 李纯厚, 邱永松. 广东海洋渔业资源调查评估与可持续利用对策. 北京: 海洋出版社,

- 2005]
- Law R. Fishing, selection, and phenotypic evolution. ICES Journal of Marine Science, 2000, 57(3): 659–668
- Li ZL, Jin XS, Shan XJ, *et al.* Inter-annual changes on body weight-length relationship and relative fatness of small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*). Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(3): 602–610 [李忠炉, 金显仕, 单秀娟, 等. 小黄鱼体长-体质量关系和肥满度的年际变化. 中国水产科学, 2011, 18(3): 602–610]
- Liu J. Reproductive physiology of Chinese farmed fish. Beijing: China Agriculture Press, 1993, 20–73 [刘筠. 中国养殖鱼类繁殖生理学. 北京: 农业出版社, 1993, 20–73]
- Liu JD, Lu HS, Zhu LX, *et al.* The difference of growth, mortality and group composition between female and male *Saurida tumbil* in the Beibu Gulf. Marine Fisheries, 2009, 31(3): 243–253 [刘金殿, 卢伙胜, 朱立新, 等. 北部湾多齿蛇鲷雌雄群体组成、生长、死亡特征的差异. 海洋渔业, 2009, 31(3): 243–253]
- Liu JD. Analysis of fishery risk management and fishery biology of the greater lizardfish *Saurida tumbil* (1795) in the Beibu Gulf. Master's Thesis of Guangdong Ocean University, 2009 [刘金殿. 北部湾多齿蛇鲷渔业生物学及渔业风险管理分析. 广东海洋大学硕士研究生学位论文, 2009]
- Lu ZB, Dai QS, Zhu JF, *et al.* Change in structure of the fisheries resources and ecology of the major population in Fujian offshore waters. Journal of Fujian Fisheries, 1999(3): 1–7 [卢振彬, 戴泉水, 朱进福, 等. 福建近海渔业资源结构及其主要种群生态的变化. 福建水产, 1999(3): 1–7]
- Panda D, Jaiswar A, Sarkar SD, *et al.* Growth, mortality and exploitation of bigeye scad, *Selar crumenophthalmus* off Mumbai, north-west coast of India. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2016, 96(7): 1411–1416
- Pitcher TJ, Hart PJB. Fisheries ecology. London: Croom Helm, 1982, 1–414
- Qiao YL, Lin ZJ, Qiu YS. Change of fishery species community structure during autumn and winter in Beibu Gulf. Journal of Guangxi Normal University (Natural Science), 2008, 26(1): 100–104 [乔延龙, 林昭进, 邱永松. 北部湾秋、冬季渔业生物群落结构特征的变化. 广西师范大学学报(自然科学版), 2008, 26(1): 100–104]
- Rao KV. Age and growth of lizardfishes (*Saurida* spp.) from the Northwestern Bay of Bengal. Indian Journal of Fisheries, 1984, 31(1): 19–30
- Rutter C. Natural history of the quinnat salmon: A report on investigations in the Sacramento River, 1896–1901. Bulletin of the United States Fish Commission, 1902, 22: 65–141
- Shan XJ, Hu ZJ, Shao CW, *et al.* Progress in the study of fishing-induced evolution of fish biological characteristics. Progress in Fishery Sciences, 2020, 41(3): 165–175 [单秀娟, 胡芷君, 邵长伟, 等. 捕捞诱导鱼类生物学特征进化研究进展. 渔业科学进展, 2020, 41(3): 165–175]
- Shu LM, Qiu YS. Biology analysis of *Saurida tumbil* in northern South China Sea. Journal of Fishery Sciences of China, 2004, 11(2): 154–158 [舒黎明, 邱永松. 南海北部多齿蛇鲷生物学分析. 中国水产科学, 2004, 11(2): 154–158]
- Singh VN, Acharya P, Jaiswar AK. Preliminary observations on the morphometric characteristics, length weight relationship, food and feeding habits and fecundity of *Saurida tumbil* (Bloch) off Bombay coast. Journal of the Indian Fisheries Association, 1995(25): 93–97
- South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences. Investigation report on bottom trawl fish resources in the northern part of the South China Sea, east of Hainan Island, volume 2, 1966 [中华人民共和国水产部南海水产研究所. 南海北部底拖网鱼类资源调查报告(海南岛以东). 第 2 册下, 1966]
- State Oceanic Administration. Specifications for oceanographic survey part VI: Marine biological survey, GB/T 12763. 6–2007. Beijing: Standards Press of China, 2007 [国家海洋局. 海洋调查规范第六部分: 海洋生物调查, GB/T 12763. 6–2007. 北京: 中国标准出版社, 2007]
- Sun DR. A study on fishery resources and sustainable fishery development in the Beibu Bay. Master's Thesis of Ocean University of China, 2008 [孙典荣. 北部湾渔业资源与渔业可持续发展研究. 中国海洋大学硕士研究生学位论文, 2008]
- Wang LX. Preliminary study on fish communities during spring and autumn in water of Beibu Gulf. Master's Thesis of Ocean University of China, 2009 [王理想. 北部湾海域春、秋季鱼类群落结构初步研究. 中国海洋大学硕士研究生学位论文, 2009]
- Wang XH, Qiu YS, Du FY, *et al.* Dynamics of demersal fish species diversity and biomass of dominant species in autumn in the Beibu Gulf, northwestern South China Sea. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(2): 333–342 [王雪辉, 邱永松, 杜飞雁, 等. 北部湾秋季底层鱼类多样性和优势种数量的变动趋势. 生态学报, 2012a, 32(2): 333–342]
- Wang XH, Qiu YS, Du FY, *et al.* Population parameters and dynamic pool models of commercial fishes in the Beibu Gulf, northern South China Sea. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2012, 30(1): 105–117
- Wang XH, Qiu YS, Du FY, *et al.* Spatio-temporal variability of fish diversity and dominant species in the Beibu Gulf. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(2): 427–436 [王雪辉, 邱永松, 杜飞雁, 等. 北部湾鱼类多样性及优势种的时空变化. 中国水产科学, 2011, 18(2): 427–436]
- Wang YZ, Yuan WW. Changes of demersal trawl fishery resources in northern South China Sea as revealed by demersal trawling. South China Fisheries Science, 2008, 4(2): 26–33 [王跃中, 袁蔚文. 南海北部底拖网渔业资源的数量变动. 南方水产, 2008, 4(2): 26–33]
- Xu QC, Li XS, Sun S, *et al.* Selectivity of codend mesh of beam trawl in Laizhou Bay in autumn. Progress in Fishery Sciences, 2020, 41(6): 19–27 [许庆昌, 李显森, 孙珊, 等. 秋季莱州湾弓子网网囊网目尺寸选择性研究. 渔业科学进展, 2020, 41(6): 19–27]
- Yan YR, Wang TT, Hou G, *et al.* Feeding habits and monthly

- and ontogenetic diet shifts of the greater lizardfish *Saurida tumbil* in the Beibu Gulf of the South China Sea. *Journal of Fisheries of China*, 2010, 34(7): 1089–1098 [颜云榕, 王田田, 侯刚, 等. 北部湾多齿蛇鲭摄食习性及随生长发育的变化. *水产学报*, 2010, 34(7): 1089–1098]
- Yang L, Cao WQ, Lin YS, *et al.* Preliminary study on feeding habits and trophic niche of nine economic fish species in Beibu Gulf in summer. *Journal of Tropical Oceanography*, 2016, 35(2): 66–75 [杨璐, 曹文清, 林元烧, 等. 夏季北部湾九种经济鱼类的食性类型及营养生态位初步研究. *热带海洋学报*, 2016, 35(2): 66–75]
- Yuan XW, Liu Y, Cheng JH. Error analysis on stratified sampling and its application in fishery statistics. *Marine Fisheries*, 2011, 33(1): 116–120 [袁兴伟, 刘勇, 程家骅. 分层抽样误差分析及其在渔业统计中的应用. *海洋渔业*, 2011, 33(1): 116–120]
- Zhan BY. Fish stock assessment. Beijing: China Agriculture Press, 1995, 1–353 [詹秉义. 渔业资源评估. 北京: 中国农业出版社, 1995, 1–353]
- Zhang K, Chen ZZ, Qiu YS. Decadal changes in growth, mortality and maturity parameters of *Evynnis cardinalis* in Beibu Gulf. *South China Fisheries Science*, 2016a, 12(6): 9–16 [张魁, 陈作志, 邱永松. 北部湾二长棘犁齿鲷生长、死亡和性成熟参数的年际变化. *南方水产科学*, 2016a, 12(6): 9–16]
- Zhang K, Chen ZZ, Wang YZ, *et al.* Population structure of *Priacanthus macracanthus* in the Beibu Gulf, and parameters for its growth, mortality and maturity. *Journal of Tropical Oceanography*, 2016b, 35(5): 20–28 [张魁, 陈作志, 王跃中, 等. 北部湾短尾大眼鲷群体结构及生长、死亡和性成熟参数估计. *热带海洋学报*, 2016b, 35(5): 20–28]
- Zhang QY, Xu XC. Scanning electron microscopic observation of the scale structure of *Saurida tumbil*. *Acta Zoologica Sinica*, 1987, 33(2): 162–165 [张其永, 徐旭才. 多齿蛇鲭鳞片表面结构的扫描电镜观察. *动物学报*, 1987, 33(2): 162–165]

(编辑 马瑾艳)

Biological Characteristics and Inter-Annual Changes of *Saurida tumbil* in Spring in the Beibu Gulf, South China Sea

DENG Yujian¹, YI Murong^{1,2}, LI Bo¹, LIU Sibiao¹, QIU Kangwen¹, SHEN Chunyan^{1,3}, HE Xiongbo^{1①}, YAN Yunrong^{1,2,3,4①}

(1. College of Fisheries, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088; 2. Marine Resources Big Data Center of South China Sea, Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Zhanjiang), Zhanjiang 524013; 3. Guangdong Provincial Engineering and Technology Research Center of Far Sea Fisheries Management and Fishing of South China Sea, Zhanjiang 524088; 4. Center of Marine Fisheries Information Technology, Shenzhen Institute of Guangdong Ocean University, Shenzhen 518120)

Abstract Using data from the spring fishing port samples and bottom trawl surveys in the Beibu Gulf, the biological characteristics and inter-annual changes of *Saurida tumbil* were investigated. The population structure of *S. tumbil* in the Beibu Gulf had a miniaturization trend - the average standard length (SL) and body weight (BW) decreased from 2008 to 2018, with ranges of 15.8–16.9 cm and 48.8–77.5 g, respectively. There were also temporal variations in SL and BW; the average values decreased by 6.5% and 34.5% from 2008 to 2018, respectively. The range of the allometric parameter b was 3.03–3.42, indicating that *S. tumbil* had positive allometric growth ($b > 3$) in the Beibu Gulf in spring. Analysis of the inter-annual change in length at 50% maturity (L_{50}) in females showed that the *S. tumbil* population matured before the L_{50} , decreasing 12.6% from 2008 (19.0 cm) to 2018 (16.6 cm). Compared to 2011 (18.6 cm), the 2015 female L_{50} reduced by 3.8% (17.9 cm). Fatness also declined from 2008 to 2018 (range: 1.09–1.29), as evidenced by consistent downward trends in the fatness samples from both fishing methods. However, fatness had an overall increasing trend with increasing SL.

Key words Beibu Gulf; *Saurida tumbil*; Biological characteristics; Length at 50% maturity; Fatness; Inter-annual change

① Corresponding author: YAN Yunrong, E-mail: tuna_ps@126.com; HE Xiongbo, E-mail: xiongbo98@163.com