

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2019.18298

南海北部陆架水域多齿蛇鲭与花斑蛇鲭的年龄与生长

江艳娥, 许友伟, 范江涛, 孙铭帅, 杨玉滔, 张魁, 张俊, 黄梓荣, 林昭进,
陈作志

中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业农村部外海渔业开发重点实验室, 广东 广州 510300

摘要: 2014 年 7 月至 2015 年 5 月采集南海北部陆架海域的多齿蛇鲭(*Saurida tumbil*)和花斑蛇鲭(*Saurida undosquamis*)样本, 测量其叉长、体重、性腺成熟度, 并读取其耳石和日龄数据, 对这 2 个种的生物学特征进行比较, 发现多齿蛇鲭和花斑蛇鲭叉长、体重雌雄间差异显著($P < 0.05$)。多齿蛇鲭雌性与雄性样本, 叉长范围分别为 109~310 mm、117~283 mm, 体重范围分别为 13~358 g、20~297 g, 日龄范围分别为 76~558 d、73~526 d, von Bertalanffy 生长方程的相关参数分别为: $L_{\infty\text{♀}}=278$ mm, $L_{\infty\text{♂}}=276$ mm; $K_{\text{♀}}=1.30$, $K_{\text{♂}}=1.30$; $t_{0\text{♀}}=-0.07$ a, $t_{0\text{♂}}=-0.08$ a。雌性性腺成熟度Ⅲ期样本从 350~400 d 日龄组开始出现, 雌性与雄性样本孵化高峰期在 3 月、7 月、9—10 月。花斑蛇鲭雌性与雄性样本, 叉长范围分别为 105~269 mm、95~264 mm, 体重范围分别为 11~220 g、8~228 g, 日龄范围分别为 79~486 d、84~488 d, von Bertalanffy 生长方程的相关参数分别为: $L_{\infty\text{♀}}=269$ mm, $L_{\infty\text{♂}}=265$ mm, $K_{\text{♀}}=1.29$, $K_{\text{♂}}=1.29$, $t_{0\text{♀}}=-0.06$ a, $t_{0\text{♂}}=-0.06$ a, 雌性性腺成熟度Ⅲ期样本从 200~250 d 日龄组开始出现, 雌性与雄性样本孵化高峰期在 6—11 月。与历史资料进行对比, 发现南海海域多齿蛇鲭与花斑蛇鲭出现个体大小逐渐减小、性成熟提前等适应性特征。结论认为, 为了南海多齿蛇鲭与花斑蛇鲭渔业资源的可持续发展, 需要降低南海近海的捕捞压力以促进南海渔业资源的发展。

关键词: 南海北部; 多齿蛇鲭; 花斑蛇鲭; 日龄; 生长

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2019)01-0082-09

蛇鲭属(*Surida*)属仙鱼目(Aulopiformes)狗母鱼科(Synodontidae), 现有 50 多种, 中国海域分布有 28 种^[1]。花斑蛇鲭(*Saurida tumbil*)与多齿蛇鲭(*Saurida undosquamis*)是南海底拖网渔业的主要捕捞种类, 1997—1999 年南海北部底拖网调查, 多齿蛇鲭^[2]与花斑蛇鲭^[3]的渔获量分别为底层经济鱼类的第 1 位和第 3 位。由于过度捕捞、污染、水体恶化等原因, 多齿蛇鲭与花斑蛇鲭资源严重衰退, 导致其渔获以幼鱼为主^[4]。

花斑蛇鲭与多齿蛇鲭作为南海北部底拖网经济鱼类主要种类, 研究者对其资源量、资源密度、渔业生物学特征等已开展了诸多研究。黄梓荣等^[5]

分析了南沙群岛西南陆架区多齿蛇鲭的资源情况。舒黎明等^[3]研究了南海北部陆架水域花斑蛇鲭的渐进叉长 L_{∞} 和开捕规格等。舒黎明等^[2]分析了南海北部陆架水域多齿蛇鲭的 L_{∞} , 而侯刚等^[6]对 2006—2009 年采集于北部湾的多齿蛇鲭的 L_{∞} 等特征进行研究。徐旭才等^[7]通过鱼类的鳞片研究闽南—台湾浅滩渔场多齿蛇鲭种群的年龄和生长。本研究希望通过对南海北部陆架区底拖网主要经济鱼类多齿蛇鲭与花斑蛇鲭的耳石日龄分析, 探讨这 2 种鱼类的日龄与生长、产卵与孵化等渔业生物学特征; 通过对多齿蛇鲭与花斑蛇鲭的渔业生物学特征的分析, 为南海北部多齿蛇鲭与花

收稿日期: 2018-08-30; 修订日期: 2018-10-13.

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201403008); 农业农村部财政项目—南海北部近海渔业资源调查(2014-2018); 广东省促进经济发展专项资金(海洋经济发展用途) (GDME-2018E004); 中国水产科学研究院南海水产研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2017YB21).

作者简介: 江艳娥(1982—), 女, 从事海洋渔业生物学研究. E-mail: jianglinhui3@aliyun.com

通信作者: 陈作志, 博士, 研究员. E-mail: zzchen2000@163.com

斑蛇鲭渔业资源的发展提供资料, 为保护南海北部衰退的渔业资源提供参考。

1 材料与方法

1.1 样品采集

本研究于 2014 年 7 月至 2015 年 5 月在南海北部(19°07.28'~23°17.58'N, 110°42.00'~117°12.60'E)采集多齿蛇鲭与花斑蛇鲭样本, 调查船为“北渔 60011”底拖网渔轮, 船总吨位 242 t, 主机功率 441 kW。采用底层单拖网调查, 网具规格为 80.4 m×60.54 m (37.70 m), 网口周目数 404 目, 网口网目

200 mm, 网囊网目 40 mm。

1.2 生物学测定

调查船上所采集样本立即冷冻保存, 至实验室解冻后, 按照《海洋调查规范》(GB/T 12763.6-2007)测量和称量其叉长(fork length, FL)和体重(body weight, BW), 检视其性腺成熟度, 采集耳石保存于 95%乙醇溶液中, 耳石经包埋、研磨后, 读取其耳石日龄^[8]。本研究依据多齿蛇鲭与花斑蛇鲭叉长分布, 选取耳石样本, 制备耳石日龄磨片, 成功读取 106 尾多齿蛇鲭和 113 尾花斑蛇鲭样本的耳石日龄数据(图 1)。

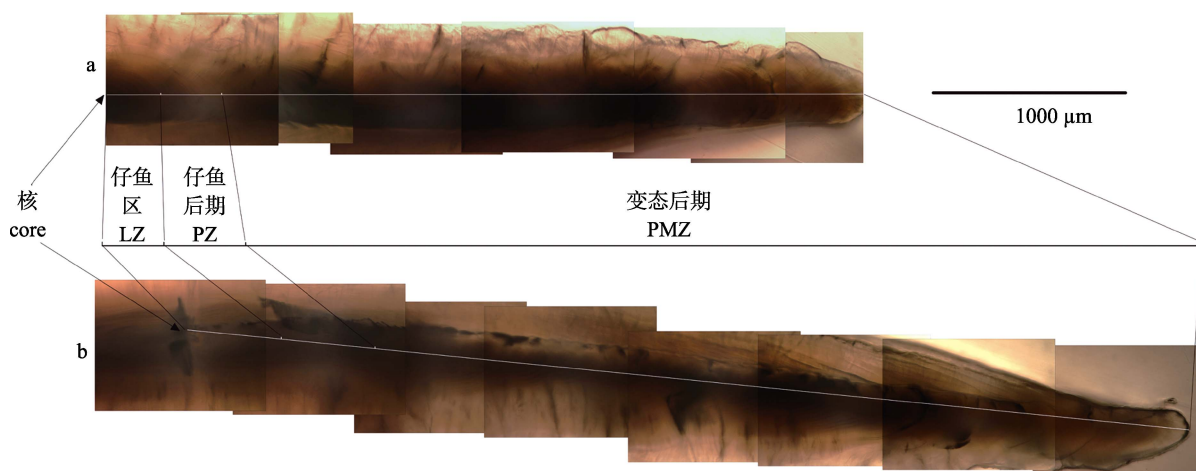


图 1 南海北部陆架水域多齿蛇鲭和花斑蛇鲭矢耳石纵截面

a. 多齿蛇鲭, 叉长 132 mm, 耳石半径 3960 μm, 轮纹 175; b. 花斑蛇鲭, 叉长 238 mm, 耳石半径 5290 μm, 轮纹 425. LZ: 仔鱼区; PZ: 仔鱼后期; PMZ: 变态后期。

Fig. 1 Microstructure of lengthwise section of sigittal otolith of *Sourida tumbil* and *S. undosquamis* in the continental shelf of the northern South China Sea

a. *Sourida tumbil*'s fork length is 132 mm, radius of otolith is 3960 μm, daily increments is 175; b. *Sourida undosquamis*'s fork length is 238 mm, radius of otolith is 5290 μm, daily increments is 425. LZ: larval zone; PZ: postlarval zone; PMZ: postmetamorphic zone.

1.3 数据分析

多齿蛇鲭样本的叉长(fork length, FL)、体重(body weight, BW)雌雄间差异显著($P_{FL}<0.05$, $P_{BW}<0.05$)。花斑蛇鲭样本叉长、体重雌雄间差异显著($P_{FL}<0.05$, $P_{BW}<0.05$)。

进行多齿蛇鲭与花斑蛇鲭数据的频度分析, 按照叉长 10 mm, 体重 10 g, 日龄 50 d 的组距进行分组, 分别对其雌雄样本的叉长、体重、日龄频度进行分析, 并定义占样本总尾数 8%以上的叉长组、体重组和日龄组为优势叉长组、体重组和日

龄组^[9]。已有相关研究表明, 多齿蛇鲭^[2, 10]、花斑蛇鲭^[3]叉长与体重符合 Keys 生长模型^[11]: $W=aL^n$, 式中 W 、 L 、 a 、 n 分别代表体重、叉长、条件因子、异速生长因子。

多齿蛇鲭与花斑蛇鲭的生长方程采用 von Bertalanffy 生长方程进行描述^[10], 生长参数通过试值法和 Microsoft Excel Solver 工具确定^[12]: $L_t = L_{\infty}[1 - e^{-k(t-t_0)}]$, 式中, L_t 为 t 龄时的叉长, L_{∞} 为渐进叉长, K 为生长曲线的平均曲率, t_0 表示理论上叉长 L_t 等于 0 时的日龄。

2 结果与分析

2.1 群体组成

2.1.1 叉长 本研究中雌性多齿蛇鲻的叉长范围为 109~310 mm, 平均叉长为(185±37) mm, 优势叉长组为 160~180 mm 和 190~230 mm, 占样本总尾数的 60.94%。雄性多齿蛇鲻叉长范围为 117~283 mm, 平均叉长(168±37) mm, 优势叉长组为 120~170 mm 和 180~190 mm, 占样本总尾数的 64.58% (图 2)。

雌性花斑蛇鲻的叉长范围为 105~269 mm, 平均叉长(166±34) mm, 优势叉长组为 140~180 mm 和 190~200 mm, 占样本总尾数的 58.19%; 雄性叉长的范围为 95~264 mm, 平均叉长(157±39) mm, 优势叉长为 120~140 mm、150~160 mm、170~190 mm, 占样本总尾数的 51.73% (图 3)。

2.1.2 体重 雌性多齿蛇鲻体重范围为 13~358 g,

平均体重(81±53) g, 优势体重组为 40~70 g 和 90~110 g, 占样本总尾数的 49.25%; 雄性体重范围为 20~297 g, 平均体重(65±54) g, 优势体重组为 20~60 g 和 90~100 g, 占样本总尾数的 62.00% (图 4)。

花斑蛇鲻渔获样本雌性体重范围为 11~220 g, 平均体重(58±38) g, 优势体重组为 10~60 g, 占样本总尾数的 66.67%; 雄性体重范围为 8~228 g, 平均体重(52±41) g, 优势体重组为 20~40 g、50~60 g 和 70~80 g, 占样本总尾数的 58.93% (图 5)。

2.2 叉长与体重关系

多齿蛇鲻样本的叉长、体重雌雄差异显著, 花斑蛇鲻样本的叉长、体重雌雄差异显著, 对其叉长与体重关系分别进行模拟, 模型如下:

多齿蛇鲻:

$BW_f=9\times10^{-6}FL^{3.05}$ ($R^2=0.97, n=64$)

$BW_m=4\times10^{-6}FL^{3.21}$ ($R^2=0.97, n=46$)

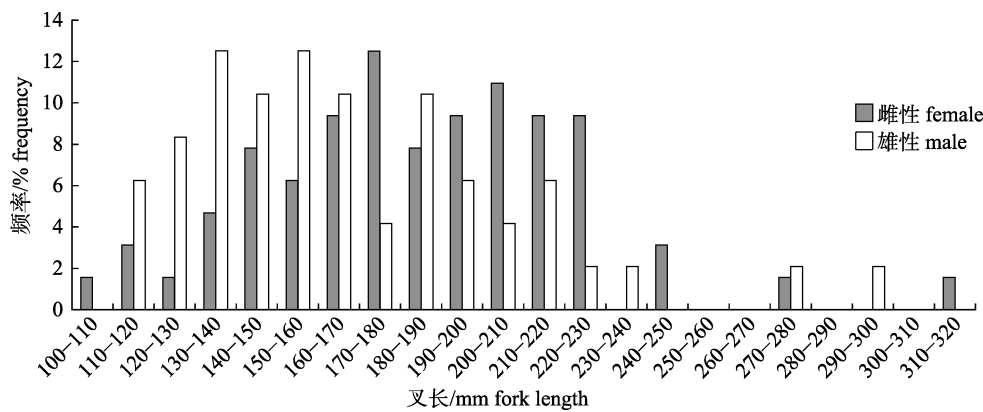


图 2 南海北部陆架水域多齿蛇鲻叉长频度分布

Fig. 2 Fork length distribution of *Saurida tumbil* in the continental shelf of the northern South China Sea

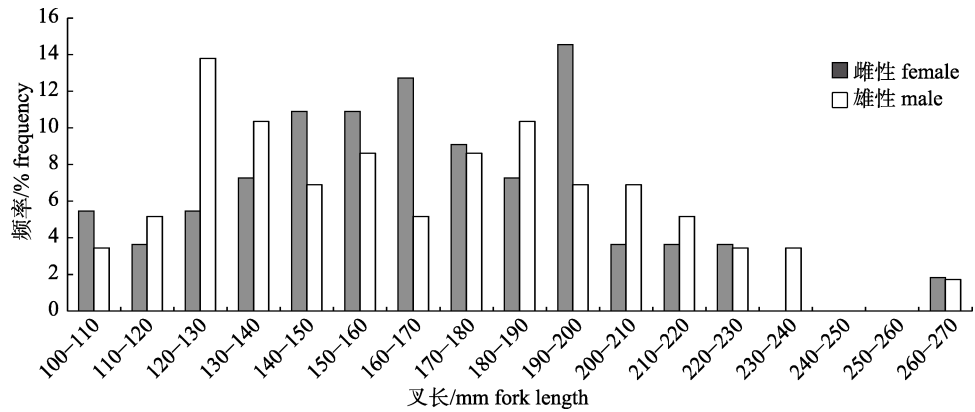


图 3 南海北部陆架水域花斑蛇鲻叉长频度分布

Fig. 3 Fork length distribution of *Saurida undosquamis* in the continental shelf of the northern South China Sea

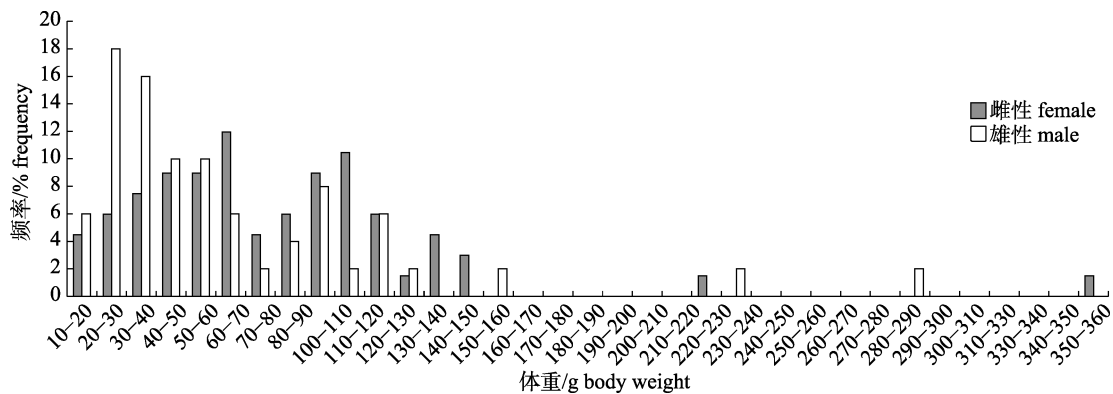


图 4 南海北部陆架水域多齿蛇鲻体重频度分布

Fig. 4 Body weight distribution of *Saurida tumbil* in the continental shelf of the northern South China Sea

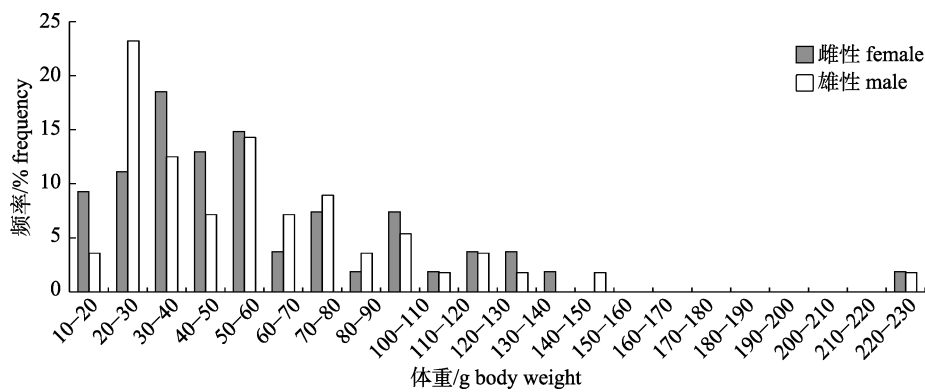


图 5 南海北部陆架水域花斑蛇鲻体重频度分布

Fig. 5 Body weight distribution of *Saurida undosquamis* in the continental shelf of the northern South China Sea

花斑蛇鲻:

$$BW_f = 7 \times 10^{-6} FL^{3.08} \quad (R^2 = 0.97, n = 55)$$
$$BW_m = 9 \times 10^{-6} FL^{3.04} \quad (R^2 = 0.97, n = 58)$$

多齿蛇鲻雌性与雄性样本的 a 值分别为 9×10^{-6} 和 4×10^{-6} , n 值分别为 3.05 和 3.21。花斑蛇鲻雌性与雄性样本的 a 值分别为 7×10^{-6} 和 9×10^{-6} , n 值分别为 3.08 和 3.04。多齿蛇鲻与花斑蛇鲻雌雄样本 Keys 生长模型的 n 值均在 2.5~4.0 范围之内。

2.3 年龄与叉长

多齿蛇鲻雌性样本日龄范围 76~558 d, 对应的叉长分别为 109 mm 和 310 mm, 优势日龄组为 150~300 d 和 350~450 d, 占样本总尾数的 81.25%; 雄性日龄范围 73~526 d, 对应的叉长分别是 117 mm 和 283 mm, 优势日龄组为 100~300 d 和 400~450 d, 占样本总尾数的 79.16% (图 6)。

花斑蛇鲻雌性样本日龄范围 79~486 d, 对应

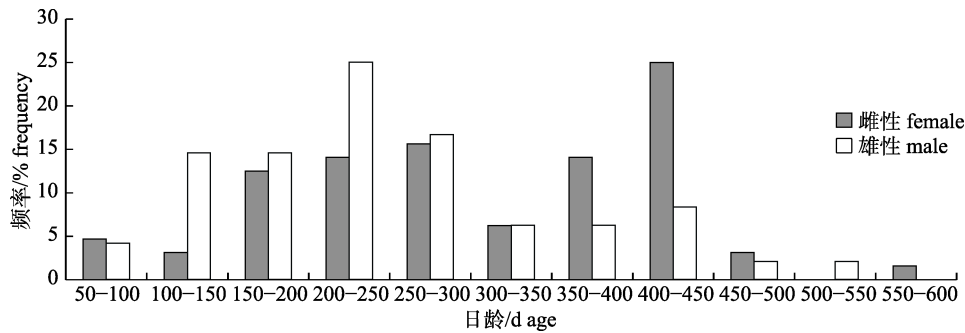


图 6 南海北部陆架水域多齿蛇鲻日龄分布

Fig. 6 Age distribution of *Saurida tumbil* in the continental shelf of the northern South China Sea

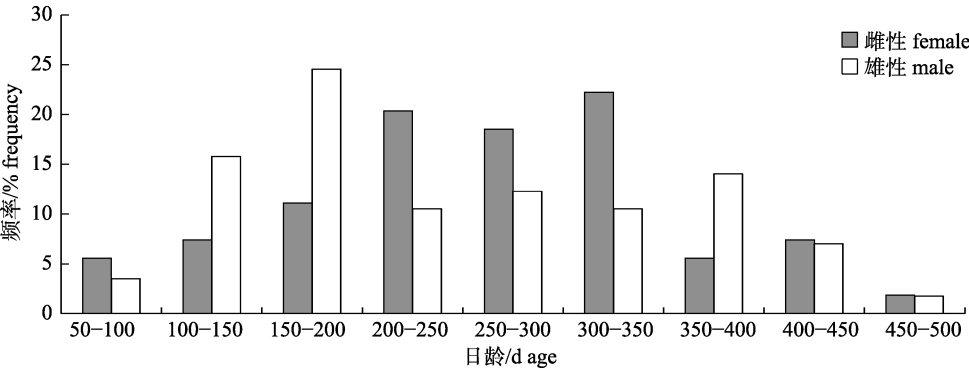


图 7 南海北部陆架水域花斑蛇鲻日龄分布

Fig. 7 Age distribution of *Saurida undosquamis* in the continental shelf of the northern South China Sea

的叉长分别是 106 mm 和 269 mm, 优势日龄组为 150~350 d, 占样本总尾数的 72.22%; 雄性日龄范围 84~488 d, 对应的叉长分别是 95 mm 和 264 mm, 优势日龄组为 100~400 d, 占样本总尾数的 87.72% (图 7)。

经拟算, 多齿蛇鲻与花斑蛇鲻叉长与日龄的 von Bertalanffy 方程参数分别为: 多齿蛇鲻雌性样本, L_{∞} =278 mm, K =1.30, t_0 =-0.07 a, R^2 =0.9655, RSS=64.88; 雄性 L_{∞} =276 mm, K =1.30, t_0 =-0.08 y, R^2 =0.9635, RSS=37.92。花斑蛇鲻雌性 L_{∞} =269 mm, K =1.29, t_0 =-0.06 a, R^2 =0.9495, RSS=65.52; 雄性 L_{∞} =265 mm, K =1.29, t_0 =-0.06 a, R^2 =0.9753, RSS=41.59; 式中, L_{∞} 为渐进叉长, K 为生长曲线的平均曲率, t_0 表示理论上叉长 L_t 等于 0 时的日龄, RSS 为残差平方和。

2.4 性腺成熟度

多齿蛇鲻性比(雌性/雄性)为 1.34, 雌性样本的性腺成熟度分布于 II~IV 期, 其中性腺成熟度 II 期样本占 66.67%; 雄性样本的性腺成熟度分布于 II~VI 期, 其中性腺成熟度 II 期样本占 68.75%。花斑蛇鲻性比(雌性/雄性)为 0.96, 雌性样本的性腺成熟度分布于 II~VI 期, 其中性腺成熟度 II 期占 68.52%; 雄性样本的性腺成熟度分布于 II~IV 期, 其中 62.26%集中分布于性腺成熟度 II 期(表 1)。

多齿蛇鲻雌性样本性腺成熟度 II 期的日龄范围为 76~379 d, 主要见于 150~300 d 日龄组(图 8)。多齿蛇鲻性腺成熟度 III 期样本从 350~400 d 日龄组开始出现, 而多齿蛇鲻雌性性成熟样本(性腺成熟度 III 和 VI 期样本)多集中于 400~450 d 日龄

表 1 南海北部陆架水域多齿蛇鲻和花斑蛇鲻性腺成熟度分布

Tab. 1 Maturity distribution of *Saurida tumbil* and *Saurida undosquamis* in the continental shelf of the northern South China Sea

		%					
种类	性别	I 期	II 期	III 期	IV 期	V 期	VI 期
species	sex	phase I	phase II	phase III	phase IV	phase V	phase VI
多齿蛇鲻 <i>Saurida tumbil</i>	雌性 female	—	66.67	17.46	15.87	—	—
	雄性 male	—	68.75	4.17	14.58	8.33	4.17
花斑蛇鲻 <i>Saurida undosquamis</i>	雌性 female	—	68.52	22.22	3.70	3.70	1.85
	雄性 male	—	62.26	28.30	9.43	—	—

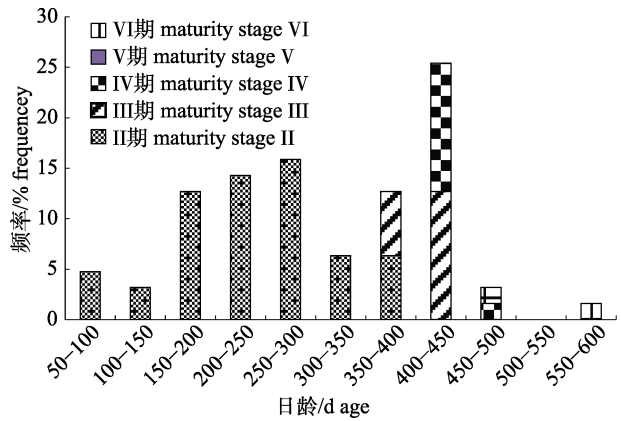


图 8 南海北部陆架水域多齿蛇鲻雌性各性腺成熟度样本的日龄分布

Fig. 8 Age distribution of female *Saurida tumbil* with different maturity stages in the continental shelf of the northern South China Sea

组。多齿蛇鲻雌性未见性腺成熟度 V~VI 期样本, 雄性性腺成熟度 VI 样本出现的日龄范围为 450~

600 d 日龄组。

花斑蛇鲭雌性样本性腺成熟度 II 期的日龄范围为 79~370 d, 主要见于 150~350 d 日龄组(图 9)。但性腺成熟度 III 期样本从 200~250 d 日龄组即开始出现, 其中性腺成熟度 III 期样本较多分布于 300~350 d 日龄组。性腺成熟度 IV 期和 V 期样本从 400~450 d 日龄组开始出现, 推断花斑蛇鲭产卵行为应多在该日龄组。而性腺成熟度 VI 期样本出现在日龄范围 450~500 d 日龄组。

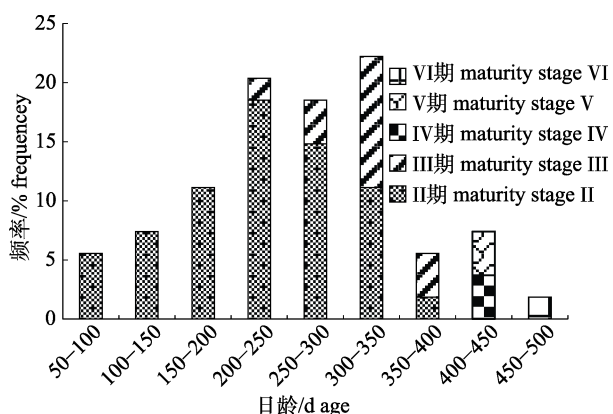


图 9 南海北部陆架水域花斑蛇鲭雌性各性腺成熟度样本的日龄分布

Fig. 9 Age distribution of female *Saurida undosquamis* with different maturity stages in the continental shelf of the northern South China Sea

2.5 孵化

本研究结合蛇鲭耳石日龄数据和其捕捞日期, 推测多齿蛇鲭的孵化期从 2013 年 5 月至 2016 年

10 月; 雌性与雄性样本的孵化高峰期比较一致, 雌性样本孵化高峰期在 2014 年 3 月、7 月、9 月, 雄性样本孵化高峰期在 2014 年 3 月、10 月(图 10)。花斑蛇鲭孵化期从 2013 年 3 月至 2015 年 2 月, 雌性样本的孵化高峰期在 2013 年 7—11 月和 2014 年 7—9 月, 雄性样本的孵化高峰期在 2013 年 6 月和 2014 年 9 月(图 11)。由此可见, 多齿蛇鲭存在 2 个孵化高峰期, 分别为 3 月、7—10 月; 花斑蛇鲭的孵化高峰期在 6—11 月。

3 讨论

多齿蛇鲭和花斑蛇鲭的年龄与生长的研究, 多采用鳞片^[7]、胴长^[6, 10]分析其年龄。该研究首次应用耳石日龄分析了南海海域多齿蛇鲭和花斑蛇鲭的日龄、生长、性成熟、孵化等生物学特征。研究发现, 多齿蛇鲭个体略大于花斑蛇鲭个体, 比较 2 种蛇鲭的个体大小, 可见多齿蛇鲭样本的最大叉长、平均叉长、 L_{∞} 、最大体重和平均体重均大于花斑蛇鲭。多齿蛇鲭生长曲线的平均曲率 K 较花斑蛇鲭的略高, 多齿蛇鲭为 1.30, 花斑蛇鲭为 1.29, 推断多齿蛇鲭较花斑蛇鲭生长略快。舒黎明等^[2-3]对南海北部多齿蛇鲭和花斑蛇鲭的研究与本研究结果一致, 多齿蛇鲭生长曲线的平均曲率 K 较花斑蛇鲭的略高。而比较 2 种蛇鲭雌性和雄性样本的大小, 发现 2 种蛇鲭雌性个体均大于雄性个体, 雌性的最大叉长、平均叉长、渐近叉长 L_{∞} 、最大体重、平均体重均大于雄性(表 2)。

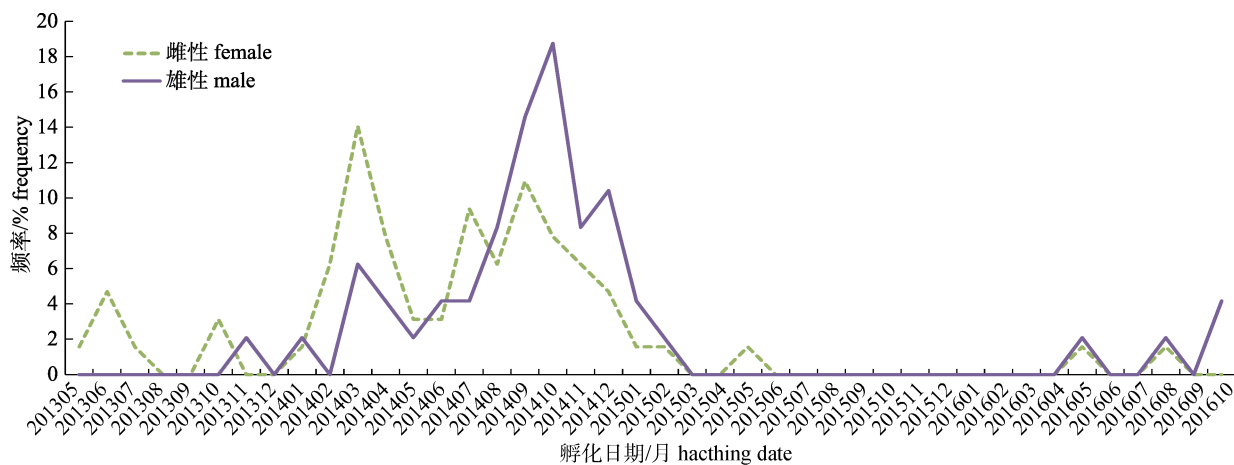


图 10 南海北部陆架水域多齿蛇鲭孵化日期分布

Fig. 10 Hatching date distribution of *Saurida tumbil* in the continental shelf of the northern South China Sea

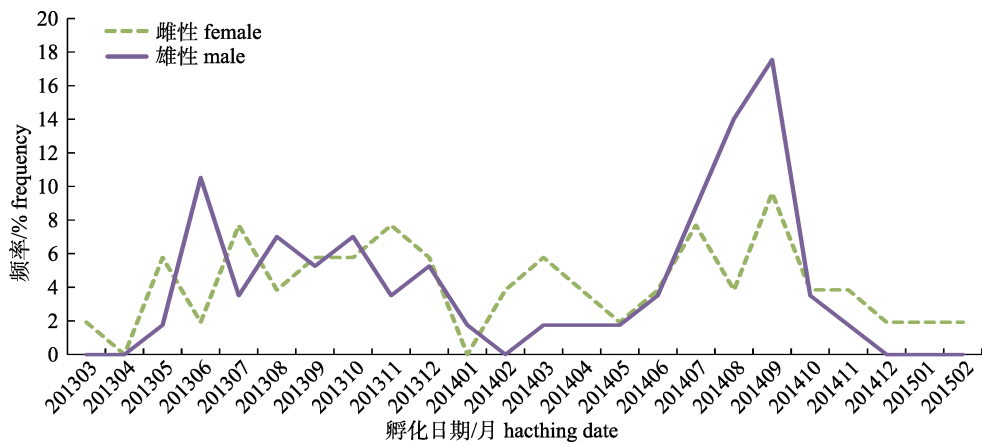


图 11 南海北部陆架水域花斑蛇鲻孵化日期分布

Fig. 11 Hatching date distribution of *Saurida undosquamis* in the continental shelf of the northern South China Sea

表 2 多齿蛇鲻与花斑蛇鲻生物学特征比较

Tab. 2 Comparing of biological characters of *Saurida tumbil* and *Saurida undosquamis*

种类 species	海域 water area	样本 specimen	年份 year	性比 sex	叉长/mm fork length	均值 /mm mean value	体重/g body weight	均值/g mean value	渐近 叉长 /mm L_{∞}	K	t_0/a
多齿蛇鲻 ^[5] <i>Saurida tumbil</i>	南沙群岛西 南陆架区 southwestern continental of Nansha Islands	雌雄样本 female and male speci- mens	1990—1993 2003		76—479 18—475						
多齿蛇鲻 ^[10] <i>Saurida tumbil</i>	北部湾 Beibu Bay	雌性 female 雄性 male	2006—2008	1.79 : 1	104—398 123—345	215.4 211.1	8.0—809.0 13.3—434.5	121.2 101.1	430 369	0.44 0.53	-0.30 -0.26
多齿蛇鲻 <i>Saurida tumbil</i>	南海 South China Sea	雌性 female 雄性 male	2014—2015	1.34 : 1	109—310 117—283	185 168	13—358 20—297	81 65	278 276	1.30 1.30	-0.07 -0.08
花斑蛇鲻 ^[4] <i>Saurida un- dosquamis</i>	北部湾 Beibu Bay	雌雄样本 female and male speci- mens	1959—1960 1992—1993 1997—1999 2009—2010		81—440 51—340 51—290 41—280	185.5 163.1 133.2 130.5	4.55—1106.0 1.2—501.4 1.1—272.9 1.0—212.0	66.5 46.4 23.8 22.6	498 424 385 343	0.26 0.28 0.33 0.39	-0.49 -0.48 -0.41 -0.36
花斑蛇鲻 <i>Saurida undosq- uamis</i>	南海 South China Sea	雌性 female 雄性 male	2014—2015	0.96 : 1	105—269 95—264	166 157	11—220 8—228	58 52	269 265	1.29 1.29	-0.06 -0.06

通过日龄与性腺成熟度的比较发现,个体更小的花斑蛇鲻的性腺发育早于多齿蛇鲻。个体相对较小的花斑蛇鲻,其性成熟度 III 期样本最早出现在 200~250 d 日龄组,而多齿蛇鲻性成熟度 III 期样本的日龄最早出现在 350~400 d 日龄组。研究者发现个体更小的鱼类其生长速度更快,性腺更早成熟^[13]。由此可知,南海相对多齿蛇鲻,个体更小的花斑蛇鲻的生长速度更快,性成熟更早,这与 Olsen^[13]等的研究结果一致。

从南海及其北部湾海域调查资料看,历年调

查渔获的多齿蛇鲻和花斑蛇鲻样本的个体逐渐变小。多齿蛇鲻 1990—2015 年的数据显示,南海渔获的多齿蛇鲻样本,最大叉长、平均叉长、最大体重和平均体重在逐渐减小。花斑蛇鲻历年调查数据显示,其最大叉长、最大体重亦呈持续变小的趋势。由于对性成熟鱼类个体的持续捕捞,使得被捕捞的鱼类的性成熟年龄越来越小,其个体大小亦越来越小^[13]。南海多齿蛇鲻和花斑蛇鲻个体变小,渐近叉长 L_{∞} 逐渐减小,可能是南海这 2 种蛇鲻在长期捕捞压力下的适应性演变。

从孵化月份可看出, 多齿蛇鲻在上半年(主要为 3 月)和下半年(主要为 7—10 月)均存在孵化现象; 花斑蛇鲻的孵化主要在 6—11 月。据文献记载花斑蛇鲻的产卵期为 4—8 月^[1], 南海海域花斑蛇鲻孵化期延长至 11 月可能与该海域为热带亚热带气候有关。

从历年的调查数据看, 在人类频繁的捕捞活动压力下, 多齿蛇鲻和花斑蛇鲻种群的生活史特征出现逆向进化, 如个体逐渐减小, 生长速度加快, 性成熟提前, 孵化时间延长等。若维持当前的开捕规格和捕捞压力, 南海多齿蛇鲻和花斑蛇鲻的渔业资源将进一步衰竭^[2]。为了南海多齿蛇鲻与花斑蛇鲻渔业资源的可持续发展, 降低其逆向进化趋势, 降低南海近海的捕捞压力可促进这 2 种鱼类资源的可持续发展。

参考文献:

- [1] Chen D G, Zhang M Z. Marine Fishes of China[M]. Qingdao: China Ocean University Press, 2015: 404-416. [陈大刚, 张美昭. 中国海洋鱼类[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2015: 404-416.]
- [2] Shu L M, Qiu Y S. Biology analysis of *Saurida tumbil* in northern South China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2004, 11(2): 154-158. [舒黎明, 邱永松. 南海北部多齿蛇鲻生物学分析[J]. 中国水产科学, 2004, 11(2): 154-158.]
- [3] Shu L M, Qiu Y S. Estimate for growth, mortality parameters and first capture specification suggestion of *Saurida undosquamis* (Richardson) in Northern South China Sea[J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 2004, 24(3): 29-35. [舒黎明, 邱永松. 南海北部花斑蛇鲻生长死亡参数估计及开捕规格[J]. 湛江海洋大学学报, 2004, 24(3): 29-35.]
- [4] Chen Z Z, Qiu Y S, Xu S N, et al. Evolution of biological characteristics of *Saurida undosquamis* (Richardson) in the Beibu Gulf, South China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2012, 19(2): 321-328. [陈作志, 邱永松, 徐姗姗, 等. 北部湾花斑蛇鲻生物学特征的演化[J]. 中国水产科学, 2012, 19(2): 321-328.]
- [5] Huang Z R, Chen Z Z. Stock variation of *Saurida tumbil* in Southwestern continental of Nansha Islands[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2005(3): 50-56. [黄梓荣, 陈作志. 南沙群岛西南陆架区多齿蛇鲻的资源变动[J]. 海洋湖沼通报, 2005(3): 50-56.]
- [6] Hou G, Liu J D, Feng B, et al. Applying multi-model inference to estimate growth parameters of greater lizard fish *Aurida tumbil* in Beibu Gulf, South China Sea[J]. 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鲻的生长参数[J]. 应用生态学报, 2014, 25(3): 843-849.]
- [7] Xu X C, Zhang Q Y. Age and growth of *Saurida tumbil* in the fishing ground of South-Fujian and Taiwan Bank[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1988, 7(3): 256-263. [徐旭才, 张其永. 闽南-台湾浅滩渔场多齿蛇鲻种群年龄和生长特性[J]. 台湾海峡, 1988, 7(3): 256-263.]
- [8] Liu B L, Chen X J, Lu H J, et al. Statolith of *Cephalopods*[M]. Beijing: Science Press, 2011: 36-38. [刘必林, 陈新军, 陆化杰, 等. 头足类耳石[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 36-38.]
- [9] Zhang K, Chen Z Z, Wang Y Z, et al. Population structure of *Priacanthus macracanthus* in the Beibu Gulf, and parameters for its growth, mortality and maturity[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2016, 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[J]. 热带海洋学报, 2016, 35(5): 20-28.]
- [10] Liu J D, Lu H S, Zhu L X, et al. The difference of growth, mortality and group composition between female and male *Saurida tumbil* in Beibu Gulf[J]. Marine Fisheries, 2009, 31(3): 243-253. [刘金殿, 卢伙胜, 朱立新, 等. 北部湾多齿蛇鲻雌雄群体组成、生长、死亡特征的差异[J]. 海洋渔业, 2009, 31(3): 243-253.]
- [11] Lester R J G, Watson R A. Growth, mortality, parasitism, and potential yields of two *Priacanthus* species in the South China Sea[J]. Journal of Fishery Biology, 1985, 27(3): 307-318.
- [12] Zhang J, Chen Z Z, Chen G B. A preliminary study on biology of glowfish (*Gnathodentex aureolineatus*) in Yongshu Reef of Nansha area in the South China Sea[J]. South China Fisheries Science, 2015, 11(5): 108-116. [张俊, 陈作志, 陈国宝. 南沙海域永暑礁金带齿颌鲷生物学特征初步研究[J]. 南方水产科学, 2015, 11(5): 108-116.]
- [13] Olsen E M, Heino M, Lilly G R, et al. Maturation trends indicative of rapid evolution preceded the collapse of northern cod[J]. Nature, 2004, 428: 932-935.

Age and growth of *Saurida tumbil* and *Saurida undosquamis* in the continental shelf of the northern South China Sea

JIANG Yan'e, XU Youwei, FAN Jiangtao, SUN Mingshuai, YANG Yutao, ZHANG Kui, ZHANG Jun, HUANG Zirong, LIN Zhaojin, CHEN Zuozhi

Key Laboratory of Open-Sea Fishery Development, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China

Abstract: Samples of *Saurida tumbil* and *Saurida undosquamis* were collected from the northern South China Sea from July 2014 to May 2015. Biocharacters such as fork length (FL), body weight (BW), maturity stage, and otolith daily incrementation were measured and compared to understand the differences between the two species. Differences in the FL and BW of *S. tumbil* and *S. undosquamis* between females and males were significant ($P < 0.05$). The FL range, BW range, otolith age, L_{∞} , K , and t_0 in females and males of *S. tumbil* were 109–310 mm and 117–283 mm, 13–358 g and 20–297 g, 76–558 d and 73–526 d, 278 mm and 276 mm, 1.30 and 1.30, -0.07 a and -0.08 a, respectively. The youngest age group of female *S. tumbil* at maturity stage III was 350–400 d, and the hatching of female and male samples primarily occurred in March, July, and September to October. The FL range, BW range, otolith age, L_{∞} , K , t_0 in females and males of *S. undosquamis* were 105–269 mm and 95–264 mm, 11–220 g and 8–228 g, 79–486 d and 84–488 d, 269 mm and 265 mm, 1.29 and 1.29, -0.06 a and -0.06 a, respectively. The youngest age group of female *S. undosquamis* at maturity stage III was 200–250 d, and the hatching of female and male samples primarily occurred from June to November. For decades, the size and age of maturity of *S. tumbil* and *S. undosquamis* have been decreasing. Taken together, a policy that decreases fishing pressure could help to achieve the sustained development of the fishery resources of *S. tumbil* and *S. undosquamis* in the South China Sea.

Key words: the northern South China Sea; *Saurida tumbil*; *Saurida undosquamis*; daily incrementation; growth

Corresponding author: CHEN Zuozhi. E-mail: zzchen2000@163.com