

文章编号:1000-0615(2012)04-0576-08

DOI:10.3724/SP.J.1231.2012.27745

北部湾口眼镜鱼年龄与生长

杜时强¹, 冯波^{1,2}, 侯刚^{1,2}, 卢伙胜^{1,2*}, 颜云榕^{1,2}

(1. 广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524088;

2. 广东海洋大学南海渔业资源监测与评估中心, 广东 湛江 524088)

摘要: 2010年5月至2011年4月,对北部湾口海域作业的灯光围网和拖网渔船渔获物中的眼镜鱼进行逐月(除6、7月)采样,通过生物学测定(1 025尾)及292枚(雌性:148枚,雄性:144枚)脊椎骨的年龄鉴定,对眼镜鱼年龄和生长进行研究。结果表明,眼镜鱼脊椎骨上的年轮由宽窄相间的明带和暗带组成,边缘增长率(marginal growth increment, MGI)计算结果显示年轮形成时间主要在8—10月,同期性腺成熟指数(gonadosomatic index, GSI)也最高,表明年轮形成时间与繁殖期时间同步,即1年1个年轮。北部湾口眼镜鱼GSI高峰期(8—10月)与中上层水温高峰趋势相符,表明眼镜鱼的产卵高峰期与中上层水温关系密切。北部湾口灯光围网和拖网渔获物中眼镜鱼的年龄组成为雌性0⁺~5⁺龄6个年龄组、雄性0⁺~4⁺龄5个年龄组。雌雄个体间生长差异不显著,叉长与体质量的关系为 $W=6.00\times 10^{-5}L^{2.8415}$ ($n=1025$, $r^2=0.94$, $P>0.05$),年龄生长方程为 $L_t=334.85[1-e^{-0.17(t+0.92)}]$ 。北部湾口眼镜鱼在3⁺龄之前生长迅速,之后生长逐渐减缓。

关键词: 眼镜鱼; 脊椎骨; 年龄; 生长; 北部湾口

中图分类号: Q 958.8; S 917.4

文献标志码: A

北部湾口海域位于南海北部,北部湾以南,东南部毗邻我国的西沙群岛,整个海域处在海南岛、西沙群岛和越南之间。眼镜鱼(*Mene maculata*)为中上层鱼类^[1],隶属眼镜鱼科(Menidae),眼镜鱼属,该属仅一个种。体表具极小的鳞片,体型特别侧扁,近似三角形,背部较平直,腹部弯曲度较大,腹缘薄而锐利,故有“皮刀”之称。分布于印度—西太平洋热带及亚热带海域,我国主要分布于台湾岛的西、南部和南海,主要被灯光围网和拖网捕捞。

关于眼镜鱼的研究主要有李仲辉等^[2]对眼镜鱼的骨骼研究, Hwang等^[3]利用体长频率法对眼镜鱼的年龄和生长特征作过描述,其他主要是对眼镜鱼体内寄生虫研究的相关报道^[4-5]。年龄结构是确定鱼类种群生长率、死亡率和生产率等,进而评价种群资源状况的重要参数^[6]。本研究应用眼镜鱼的脊椎骨材料来鉴定的原因是由于眼镜鱼的

耳石腹面凹度较大,打磨后中心易穿,鳃盖骨又具有幼轮和副轮等复杂结构,而脊椎骨能够被清晰地观察到年轮的特征,因此本研究以脊椎骨作为年龄鉴定材料,对北部湾口眼镜鱼渔获物的年龄结构和生长进行研究,主要目的是分析眼镜鱼脊椎骨上年轮特征,鉴定其年龄周期及形成时间;分析眼镜鱼渔获物的年龄结构和生长特性,以期为其资源评估、开发和管理提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 样本采集

2010年5月至2011年4月在海南北部湾口海域(108°00'~110°00'E,17°00'~18°30'N)从灯光围网和拖网渔船上共采集1 025尾眼镜鱼样本(由于禁渔期的原因6、7月没有采到样本)。样本采集好后冰冻运回实验室进行解剖实验,按照海洋调查规

收稿日期:2011-09-21 修回日期:2011-11-29
资助项目:国家自然科学基金项目(30771653)
通讯作者:卢伙胜, E-mail: luhs@gdou.edu.cn

范(GB12763.3-91)^[7]测定和记录叉长(FL)、体高(TL)、体质量(W, 精确 0.01 g), 鉴别雌雄、性腺成熟度以及胃饱满度。利用法国 CATSAT(凯撒)渔业遥感系统测定该研究海域的各月平均水温、盐度和叶绿素浓度。

1.2 年龄鉴定

选取第 3、4 枚脊椎骨, 将脊椎骨放入沸水中煮 2~3 min, 去除脊椎骨上的肌肉组织, 然后浸入 4% NaOH 溶液中煮沸 30~60 s, 洗净后放入 95% 的酒精中脱脂 2~3 h, 再取出后放置到石棉网上, 用酒精灯烘 10 s, 待干燥后直接在 Olympus SZ61 解剖镜下观察并拍照。全部脊椎骨由 2 名观察者分别独立计数, 取其相同的观测值。本实验共鉴定出 292 枚(雌性: 148 枚鱼归为 0⁺组, 已有一个年轮但未形成第二个年轮的鱼归为 1⁺组, 以此类推^[8])。

1.3 数据处理与分析

叉长与体质量、脊椎骨截面半径的关系 利用 ANCOVA 检验雌雄个体间有无差异, 用幂函数对眼镜鱼叉长和体质量进行拟合。T-test 法检验眼镜鱼叉长与脊椎骨截面半径的相关性。用线性回归、幂函数回归和指数回归方程对眼镜鱼的叉长和脊椎骨半径的关系拟合对比发现, 指数函数方程的相关系数最大^[17]。所以, 本文用指数函数对眼镜鱼叉长和脊椎骨截面半径的关系进行拟合。

$$W = a_1 L^{b_1} \quad (1)$$

$$L = a_2 e^{b_2 R} \quad (2)$$

式中, W 为体质量, L 为叉长, R 为脊椎骨截面半径, a_1 、 b_1 、 a_2 和 b_2 为待确定的参数。

边缘增长率 利用边缘增长率(marginal growth increment, MGI)^[9]来研究北部湾口眼镜鱼脊椎骨边缘周年的增长幅度从而了解其生长规律, 并证实脊椎骨上轮纹形成的周期和时间。

$$MGI = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1}) \quad (3)$$

式中, R 为脊椎骨半径; r_n 为脊椎骨从中心到近边缘第一圈年轮轮纹的距离; r_{n-1} 为从脊椎骨到近边缘第二圈年轮轮纹的距离。

性腺成熟指数 性腺成熟指数(gonadosomatic index, GSI)^[10]的周年变化能清楚反映出性腺周年发育的节律, 是衡量性腺发育的一个标志, 可以判断繁殖期时间。GSI 的计算公式为

$$GSI = 100(W_g / W_b) \quad (4)$$

式中, W_g 为性腺体质量, W_b 为去除内脏后的纯体质量。

生长退算 采用 Rose Lee^[11]公式进行各龄的叉长退算:

$$L_t = a + [(L - a) / R] \times R_t \quad (5)$$

式中, L_t 为 t 龄时的个体叉长, a 为叉长和脊椎骨截面半径关系直线在 y 轴的截距, L 为实测叉长, R 和 R_t 分别为椎体半径和 t 轮时的轮径。

叉长和年龄的关系 叉长和年龄的关系用 von Bertalanffy 生长方程进行拟合。

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad (6)$$

式中, L_t 为 t 龄时的叉长; L_∞ 为渐进叉长; k 为生长参数; t_0 为叉长为 0 时对应的理论年龄。

相对增长率和生长指标 相对增长率和生长指标能够较好地反映出鱼类不同阶段性生长的特征参数^[12], 能够客观地反映鱼类的生长特性^[13]。眼镜鱼叉长相对增长率(C_e)和生长指标(G)的计算公式^[14]分别为

$$C_e = (L_n - L_{n-1}) / L_{n-1} \times 100 \quad (7)$$

$$G = (\ln L_n - \ln L_{n-1}) / (t_n - t_{n-1}) \times L_{n-1} \quad (8)$$

式中, L_n 和 L_{n-1} 分别为 t_n 、 t_{n-1} 龄时的叉长。

2 结果

2.1 年轮特征

北部湾口眼镜鱼的脊椎骨椎体为双凹形, 经过观察发现第 3、4 枚轮纹清晰(图 1-a~e), 适合于年轮的鉴定。用解剖镜在反射光下观察椎体发现上面存在窄带的暗纹和宽带的亮纹平行于椎体边缘交替排列, 脊椎骨中心存在幼轮。通过周年材料观察, 内侧暗色的窄带与外侧亮带的交界处可为年轮。脊椎骨腹部方向的年轮辐射较远, 1⁺、2⁺龄鱼的暗带较窄; 高龄鱼脊椎骨上存在颜色较深的暗带, 而且有的暗带宽度大于亮带, 高龄鱼靠近中心幼轮的年轮暗带较窄。繁殖轮(图 1-e): 和有些鱼具有生殖轮的鳞片相似^[8], 眼镜鱼脊椎骨上从第三轮暗带上出现一个无结构的光亮间隙, 存在于暗带中间, 前后被两条细小且颜色较深的暗带混合在一起。有的脊椎骨上存在副轮(图 1-b): 环带不均匀, 容易形成断带, 且大多存在第 1 轮和第 2 轮之间。通过周年对多尾鱼的比较观察可以排除副轮对年龄确定的干扰。

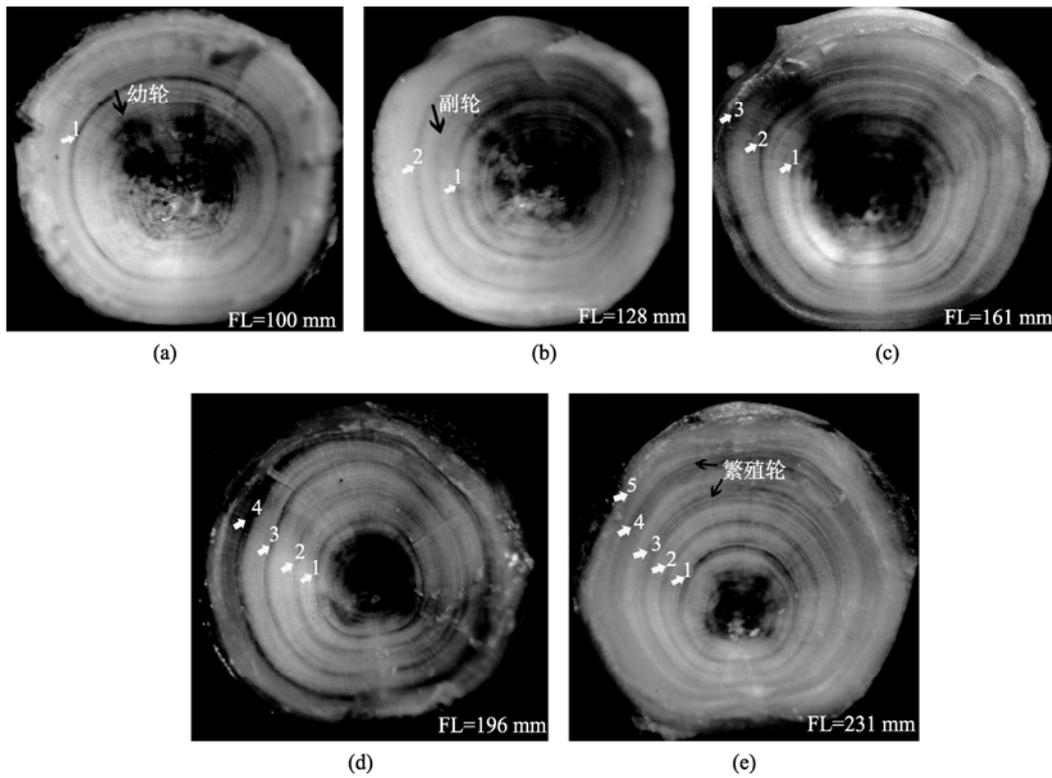


图 1 北部湾口眼镜鱼脊椎骨上的年龄特征

a~e 通过在反射光下观察年轮, 带有数字白箭头表示年轮及年龄。其中 a 图中黑色箭头示幼轮, b 图中黑色箭头示副轮; e 图中黑色箭头示繁殖轮。

Fig. 1 The characters of annuli on vertebrae of *M. maculata* in the mouth of the Beibu Gulf

a~e by viewed the vertebrae of *M. maculata* under the reflected light, the white arrow point to annuli and age. among them (a) figure of the black arrow point to young ring, (b) picture of the black arrow revealed simulate annulus, (e) figure of the black arrow showed breeding ring.

2.2 年龄结构和最小性成熟年龄

通过脊椎骨上的年龄判读显示, 北部湾口眼镜鱼的年龄组成: 雌性由 0⁺~5⁺ 龄组成, 雄性由 0⁺~4⁺ 龄组成。统计北部湾口眼镜鱼渔获物优势年龄组为 1⁺~3⁺ 龄, 3 个年龄组占总观察数目的 81.85%, 4⁺ 龄占 16.44%, 5⁺ 龄占 1.71%。北部湾口眼镜鱼叉长频度分布表明(图 2), 群体叉长范围为 83~256 mm, 占优势的个体叉长组在 160~220 mm, 体质量范围为 35.20~470.03 g, 其中雌性最大个体的叉长和体质量分别为 252 mm 和 470.03 g, 雄性最大个体的叉长和体质量分别为 256 mm 和 375.30 g。

北部湾口眼镜鱼雌雄个体的最小性成熟年龄为 2⁺ 龄, 其中雌性最小性成熟叉长为 157 mm, 体质量为 103.70 g, 雄性最小性成熟叉长为 158 mm, 体质量为 118.00 g。

2.3 边缘增长率

各月标本按式(3)计算各轮组的边缘增长率

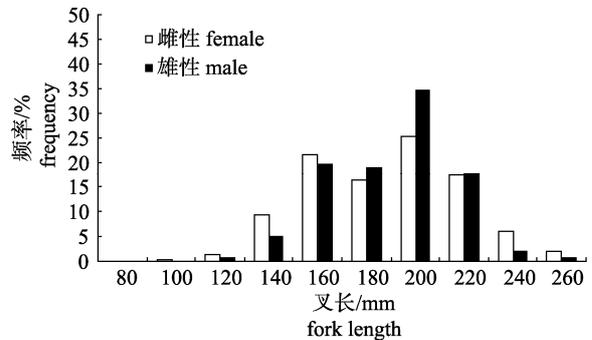


图 2 北部湾口眼镜鱼雌雄个体的叉长分布

Fig. 2 The frequency distribution of fork length of female and male of *M. maculata* in mouth of Beibu Gulf

(MGI)其逐月变化如图 3 所示, 各轮值变化规律基本为 1 年 1 个周期。研究表明, 第 1 轮的 MGI 最大值为 1.05, 最小值为 0.21, 平均在 0.34~0.67; 2 轮的 MGI 的最大值为 2.89, 最小值为 0.17, 平均在 0.39~1.13; 3 轮的 MGI 的最大值为 2.34, 最小值为

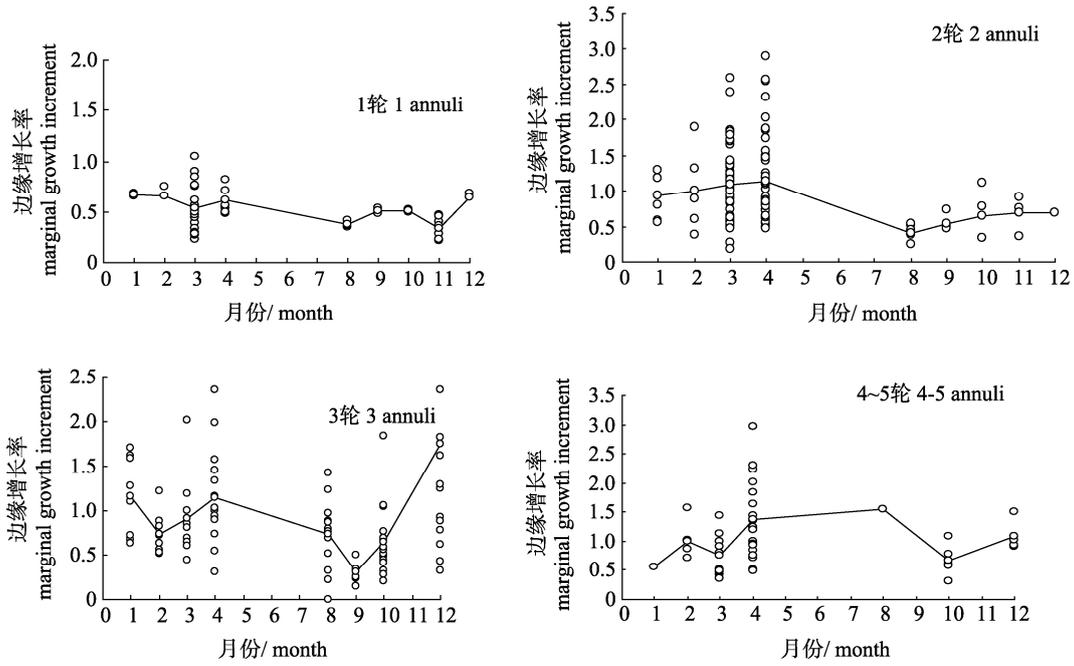


图 3 眼镜鱼脊椎骨边缘增长率的月变化
Fig. 3 Monthly changes in marginal growth increment(MGI) for vertebrae of *M. maculata*

0.01, 平均 0.30~1.75; 4 至 5 轮的 MGI 最大值为 2.31, 最小值为 0.96, 平均 0.54~1.55。MGI 值 1 至 2 轮在 1—4 月处于较高位置, 8—11 月 MGI 值较小, 全年平均变化趋势相似; 3 轮的 MGI 在 11 月至翌年的 4 月较大, 9、10 月较低; 4 至 5 轮也是在 4 月较大, 10 月至翌年的 1 月 MGI 值较低。表明北部湾眼镜鱼 1⁺~3⁺ 龄的年轮形成时间基本相同, 都集中在 8—10 月。4⁺~5⁺ 龄鱼的年轮形成时间较晚, 主要形成在 10 月至翌年的 1 月。初步判断 8—10 月份是北部湾口眼镜鱼年轮形成的一个主要时期。因为 6、7 月份没有采到样品, 对具体年龄判断具有一定影响, 这 2 个月的数据有待于另外采样进行补充性研究。

2.4 性腺成熟指数及其与水温的关系

眼镜鱼的 GSI 值在 8—10 月相对较高, 其中雌性 GSI 平均值 0.24%~4.61%, 最高峰值出现在 10 月(图 4)。雄性 GSI 平均值在 0.16%~1.69%, 最高峰出现在 8 月。雌性的 GSI 明显比雄性的。初步判断北部湾口眼镜鱼的繁殖季节在 8—10 月。北部湾口眼镜鱼的年轮形成时间和繁殖时间基本一致, 说明鉴定的年轮为实足的年龄, 即 1 年 1 个周期。由 CATSAT(凯撒)渔业遥感系统提供的表层海水温度(SST)与 20 m 深度处的水温接近, 略高于 30 m 海水深度处的水温。但该 3 个水层的水温变化趋势

基本一致。且周年水温高峰处与 GSI 高峰接近, 说明眼镜鱼性腺成熟的高峰期与中上层水温变化趋势有密切关系。

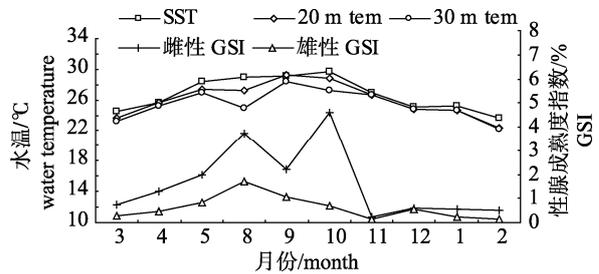


图 4 北部湾口海域水温与眼镜鱼性腺成熟度指数变化关系图
Fig. 4 Monthly variation of different layers water temperature and *M. maculata* GSI in the mouth of the Beibu Gulf

2.5 叉长与体质量及其与脊椎骨截面半径的关系

协方差分析表明, 眼镜鱼雌雄个体的叉长与体质量没有显著差异(One-Way ANCOVA, $F=0.202, P=0.653>0.05$), 因此可以将雌雄个体混合在一起进行分析(图 5), 拟合体质量和叉长的关系式为 $W=6.002 \times 10^{-5} L^{2.8415}$ ($r^2=0.9438, n=1025, P>0.05$)。经 T-test 得出 $P<0.05$, 表明北部湾口眼镜鱼的叉长和椎体半径二者的相关性显著, 选择相关系数最大的拟合方程作为眼镜鱼的叉长与脊椎骨截面半径的回归方程, 关系式为 $L=76.73e^{0.0009R}$ ($R^2=0.9156, n=290$, 图 6)。

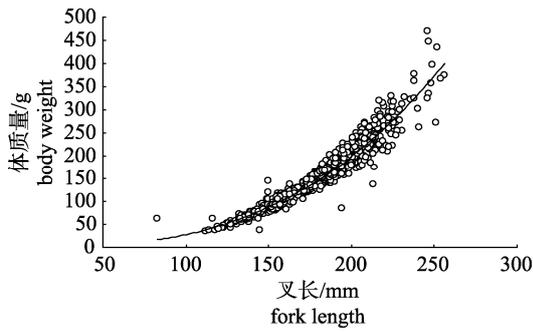


图 5 眼镜鱼叉长与体质量的关系
Fig. 5 Relationship between body weight and fork length of *M. maculata*

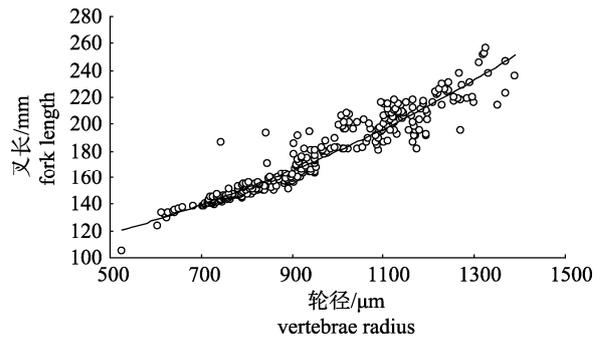


图 6 眼镜鱼叉长与脊椎骨截面半径的关系
Fig. 6 Relationship between fork length and vertebrae radius of *M. maculata*

2.6 生长分析

采用 Rosa Lee 公式进行叉长退算^[11]。各年龄组的退算叉长如表 1 所示。北部湾口眼镜鱼的退算绝对叉长增长率与相对增长率也随着年龄的逐渐增大而依次出现递减趋势，1⁺~2⁺龄相对增长率达到

最高，为 32.77%，从 3⁺龄开始叉长增长明显减弱。

2.7 生长方程

运用各年龄组的退算叉长均值，按最小二乘法^[15]拟合北部湾口眼镜鱼的 von Bertalanffy 生长方程为 $L_t=334.85(1-e^{-0.17(t+0.9)})$ (图 7)。

表 1 北部湾口眼镜鱼个年轮组的退算叉长
Tab. 1 Back-calculated fork length at each annuli group of *M. maculata*

年轮组 annuli group	尾数 number	各轮所对应的退算叉长/mm Back-calculated mean FL(mm) by annuli				
		I	II	III	IV	V
1 ⁺	64	98.02±9.10				
2 ⁺	91	94.29±7.80	126.61±9.63			
3 ⁺	84	98.36±8.14	130.36±10.76	163.03±9.03		
4 ⁺	48	99.55±7.56	131.46±9.52	162.94±9.19	188.58±8.62	
5 ⁺	5	93.58±5.93	124.45±10.20	162.91±8.16	195.55±8.22	211.75±3.51
退算叉长/mm back-calculated length		97.14±8.39	128.97±10.28	162.91±9.07	189.22±8.71	211.75±3.51
绝对增长率/mm absolute increase			31.83	33.94	26.31	22.53
相对增长率/% relative increase			32.77	26.31	16.15	11.91

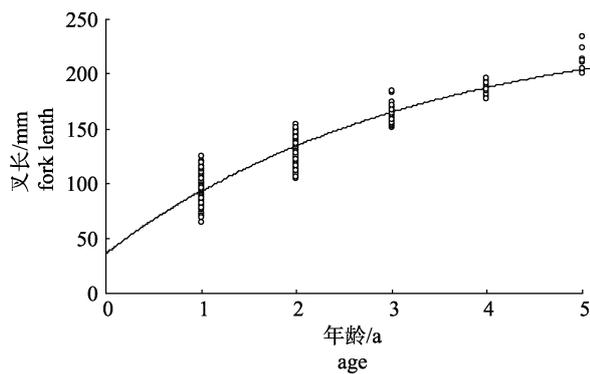


图 7 眼镜鱼的生长曲线
Fig. 7 Growth curve of *M. maculata*

3 讨论

3.1 年龄鉴定研究

鱼类年龄和生长的研究是渔业生物学研究的

基础内容，并且可作为渔业生产、资源评估等重要参考依据。现在大部分对鱼类年龄的鉴定以耳石为主^[6,16]，但由于眼镜鱼的耳石凹度较大，打磨时容易磨穿，不宜作为眼镜鱼年龄的鉴定材料，所以本研究中运用眼镜鱼脊椎骨作为年龄的鉴定材料。对于海水鱼类利用脊椎骨鉴定年龄的研究在国内外有较多报道，如鲹 (*Katsuwonus pelamis*)^[17]、大目金枪鱼 (*Thunnus obesus*)^[18]、尖吻鲭鲨 (*Isurus oxyrinchus*)^[19] 类等。我国利用脊椎骨鉴定淡水鱼的年龄也较多，如黑斑原鲮 (*Glyptosternon maculatum*)^[20]、鲇形目的长吻鲈 (*Leiocassis longirostris*)^[21]、黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*)^[22]、南方鲇 (*Silurus meridionalis*)^[23] 和瓦氏黄颡鱼 (*Pelteobagrus vachelli*)^[24] 等。段中华等^[25] 分析了瓦氏黄颡鱼脊椎骨上的年轮标志和其它年龄的结果一致性在

89.74%以上。本研究中北部湾口眼镜鱼的脊椎骨显示的轮纹清晰可靠, 可读出年龄占 92.58%, 较其鳃盖骨和耳石, 是可靠性更高的年龄鉴定材料, 也有少数脊椎骨轮纹较密而复杂, 不易读出, 可在鉴定时剔除。

本研究中对脊椎骨的处理方法和以往处理的方法不同, 经多次对比处理, 最后发现眼镜鱼脊椎骨在去除肌肉组织后用酒精脱脂, 然后直接放到带有石棉网的酒精灯上短时间加热能观察到较好的轮纹效果, 可能是由于北部湾口海域的表层水温月份间变化较小, 生长年龄的界限不明显, 在酒精的快速蒸发下能清晰观察到年轮的结构。结果中发现脊椎骨上面存在窄带的暗纹和宽带的亮纹平行于椎体边缘交替排列, 第一、二轮暗带较窄, 研究发现眼镜鱼在 2⁺龄时开始繁殖, 但在 2⁺龄时的轮带上没有明显的繁殖轮, 第三轮以后的暗带变宽, 中间还夹杂许多细小的亮带, 可能繁殖轮在脊椎骨上从第三轮开始出现, 也可能是由于摄食习惯和产卵后的影响使得在 3⁺龄时暗带生长较宽。可鉴别雄性最高年龄为 4⁺龄, 最大叉长为 252 mm, 雌性最高年龄为 5⁺龄, 最大叉长为 256 mm。优势年龄组为 1⁺~3⁺龄, 3 个年龄组占 81.85%, 4⁺龄占 16.44%, 5⁺龄占 1.71%。根据 Hwang 等^[3]对台湾西南部海域眼镜鱼的年龄生长的研究对比可知, 本研究采样的渔获物年龄比台湾西南部海域的眼镜鱼群体要大。

根据各年轮组边缘增长率(MGI)的逐月变化规律, 初步判读北部湾口眼镜鱼的年龄是 1 年形成 1 个明暗条纹, 观察发现眼镜鱼的脊椎骨年轮特点与其他用脊椎骨鉴定年龄的鱼类研究结果一样^[9,19], 即 1 明暗带形成的周期为 1 龄。年轮形成的主要时期在 8—10 月份, 根据性腺成熟度(GSI)可判断眼镜鱼繁殖期也在 8—10 月份, 因而可以判断本研究

中利用脊椎骨鉴定的年龄与足龄基本吻合, 可以代表 1 年的生长。由 CATSAT(凯撒)渔业遥感系统提供该海域中上层水温的高峰期与眼镜鱼性腺成熟高峰期接近, 说明水温对北部湾口眼镜鱼产卵高峰有一定影响, 颜云榕等^[26]研究了北部湾宝刀鱼(*Chirocentrus dorab*)的 GSI 同中上层水温也有密切关系。由于禁渔期的影响, 6—7 月份没有采到样本, 同时由于捕捞的原因对大龄和低叉长段的样本采集较少, 对眼镜鱼的年龄鉴定和生长特性分析具有一定的影响, 以后对这些叉长段的样本进一步采样并进行补充论证。

3.2 生长特性

至今可以查阅到眼镜鱼的最大叉长(300 mm)由沈世杰记录^[27], 本研究中采集到的最大样本叉长为 256 mm, 运用 von Bertalanffy 生长方程计算出极限叉长为 334.85 mm, 说明本研究中眼镜鱼的极限叉长跟至今发现的最大体长数据相近。Hwang 等^[3]研究台湾西南部海域眼镜鱼的 K 值 0.18(1984 年)和 0.28(1997 年)要大于本研究的 0.17, 这是因为 K 值反映的是鱼类的达到极限体长的速度^[17], 而 Hwang 等^[3]研究的眼镜鱼样本主要是在 3⁺龄, 对于本研究来说这时眼镜鱼正处于生长比较迅速的阶段。通过对北部湾口眼镜鱼叉长相对增长率研究可知, 眼镜鱼的在 2⁺龄时生长速度是最快, 相对生长率达到 32.77%, 3⁺龄以后增长速度明显减缓。由表 2 可知, 北部湾口眼镜鱼的叉长增长率和生长指标比 Hwang 等^[3]对台湾西南部海域眼镜鱼的研究明显要大。这些差别可能是由于两海域之间的环境因素引起的。通过 CATSAT(凯撒)渔业遥感系统提供近两年两海域的盐度和温度及其叶绿素溶度数据可知存在明显的差异, 推测环境不同可能是导致两海域眼镜鱼生长差异性的原因之一。

表 2 北部湾口与台湾西南部海域眼镜鱼的叉长相对增长率和生长指标

Fig. 2 Relative increment rate and growth index of fork length of *M. maculata* between mouth of Beibu Gulf and southwestern sea of Taiwan

年龄 age	北部湾口 mouth of Beibu Gulf			台湾西南部海域 southwestern sea of Taiwan					
	叉长 fork length	C _e	G	叉长 fork length	C _e	G	叉长 fork length	C _e	G
1 ⁺	97.14			106.30			110.50		
2 ⁺	128.97	32.77	27.53	134.20	26.25	24.77	139.20	25.97	25.51
3 ⁺	162.91	26.31	30.13	155.10	15.57	19.42	163.10	16.45	21.20
4 ⁺	189.22	16.15	24.39	170.8	10.12	14.96			
5 ⁺	211.75	11.91	21.28						

3.3 不足与展望

本研究采集一周年的样本,初步判断出眼镜鱼脊椎骨的年轮形成时间,但在6、7月份禁渔期未采到样本,对准确判断眼镜鱼的年轮形成时间与性腺成熟的准确时间会有影响。又因样本中高龄鱼较少,对高龄鱼年轮形成时间的判断可能存在偏差。此外11月份采到的样本叉长组较单一,影响到叉长退算时对应年龄的估算结果。因此,要在今后的研究调查中,对以上时间段和叉长段的样本进行补充,使分析样本更全面,研究结果更准确。

感谢广东海洋大学海洋渔业科学与技术专业冯旭、梁天才和张渊同学参加了渔港采样和生物学测定。

参考文献:

- [1] 朱耀光. 中上层鱼类的若干特点[J]. 福建水产, 1988(3): 7-9.
- [2] 李忠辉. 眼镜鱼骨骼的研究[J]. 河南师范大学学报, 2004, 31(1): 73-77.
- [3] Hwang S Y, Che T. Age and growth of the moon fish, *Mene maculata*, before and after heavy exploitation in southwestern Taiwan waters [J]. Journal of the Fisheries Society of Taiwan, 2002, 29(4): 299-311.
- [4] Liu W C, Ho J S. Another three species of Lernanthropus de Blainville, 1822 (Copepoda, Lernanthropidae) parasitic on marine fishes of Taiwan, with a key to the species of the genus Lernanthropus found in Taiwan [J]. Journal of the Fisheries Society of Taiwan, 2009, 36(2): 119-133.
- [5] Hoju S, Liu W C. Six species of Lernanthropid copepods (Siphonostomatoida) parasitic on marine fishes of Taiwan[J]. Journal of the Fisheries Society of Taiwan, 2008, 35(3): 251-280.
- [6] 黎雨轩, 何文平, 刘家寿, 等. 长江口刀鲚耳石年轮确证和年龄与生长研究[J]. 水生生物学报, 2010, 34(4): 787-793.
- [7] 国家技术监督局. 海洋调查规范 GB/T12763-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [8] 叶富良, 张健东. 鱼类生态学[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 2002: 30-38.
- [9] Kwang M L, Mei L L. Age and growth estimates of the sharptail mola, *Masturus lanceolatus*, in waters of eastern Taiwan [J]. Fisheries Research, 2009(95): 154-160.
- [10] Monteriro P, Bentes L, Cocolho R. Age and growth mortality, reproduction and relation yield per recruit of the bogue, *Boops boops* Linné, 1758 (Sparidae), from the Algrave (south of Portugal) longline fishery [J]. Journal of Applied Ichthyology, 2006, 22: 345-352.
- [11] 郭丽丽, 严云志, 席贻龙. 长江芜湖段赤眼鳟的年龄与生长[J]. 水生生物学报, 2009, 33(1): 131-135.
- [12] 颜云榕, 侯刚, 卢伙胜, 等. 北部湾斑鳍白姑鱼的年龄与生长[J]. 中国水产科学, 2011, 18(1): 145-155.
- [13] 高天翔. 青岛金海青鳞鱼年龄、生长与死亡特征的研究[J]. 海洋湖沼通报, 1993(4): 86-92.
- [14] 张其永, 李振福, 杜金瑞. 厦门杏林湾鲻鱼年龄和生长的研究[J]. 水产学报, 1981, 5(2): 121-132.
- [15] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [16] Correia A T, Manso S, Coimbra J. Age, growth and reproductive biology of the European conger eel (*Conger conger*) from the Atlantic Iberian waters[J]. Fisheries Research, 2009, 99: 196-202.
- [17] 王学昉, 许柳雄, 朱国平, 等. 中西太平洋鲷鱼的年龄鉴定和生长特性[J]. 应用生态学报, 2010, 21(3): 756-762.
- [18] Adriana A, Pedro D B, Marion R P. Age and growth studies of bigeye tuna *Thunnus obesus* from Madeira using vertebrae[J]. Fisheries Research, 2002(54): 389-393.
- [19] Ribot-Carballal M C, Galvaán-Magaña F, Quinónez-Velázquez C. Age and growth shotfin mako shark, *Isurus oxyrinchus*, from the western coast of Baja California Sur, Mexico[J]. Fisheries Research, 2005, 76: 14-21.
- [20] Cheng Z D, Yi F C, De K H. Assessing the accuracy of using whole and sectioned vertebrae to determine the age of an endemic sisorid catfish, *Glyptosternon maculatum*, in Tibet, China [J]. Ichthyological Research, 2011(58): 72-76.
- [21] 吴清江. 长吻鲈的种群生态学及其最大持续渔获量的研究[J]. 水生生物学报, 1975, 5(3): 387-409.
- [22] 刘世平. 鄱阳湖黄颡鱼生物学研究[J]. 动物学杂志, 1997, 32(4): 10-15.
- [23] 谢小军. 嘉陵江南方大口鲈的年龄与生长的研究[J]. 生态学报, 1986, 7(4): 359-367.
- [24] 杨家云. 嘉陵江瓦氏黄颡鱼年龄和生长的研究[J]. 渝州大学学报, 1998, 15(2): 57-62.
- [25] 李秀启, 陆毅峰, 李埜. 抚仙湖外来黄颡鱼种群的年龄和生长特征[J]. 动物学报, 2006, 52(2): 263-271.
- [26] 颜云榕, 杨厚超, 卢伙胜, 等. 北部湾宝刀鱼的摄食生态[J]. 生态学报, 2011, 31(3): 654-665.
- [27] 沈世杰. 台湾鱼类志[M]. 台北: 国立台湾大学, 1993.

Age and growth of moonfish, *Mene maculata* from mouth of the Beibu Gulf, South China Sea

DU Shi-qiang¹, FENG Bo^{1,2}, HOU Gang^{1,2}, LU Huo-sheng^{1,2*}, YAN Yun-rong^{1,2}

(1. Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China;

2. Center of Fisheries Resources Monitoring and Assessment, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract: Fish age and growth are key biological parameters for the assessment of fisheries resources. By the purse seiners and trawlers catch sampling, a total of 1 025 individuals of moonfish, *Mene maculata* were collected monthly in the mouth of the Beibu Gulf, South China Sea from August 2010 to May 2011. The samples ranged from 83 to 256 mm with fork length (FL). By biological measurement and age identification of 292 (female: 148, male: 144) pieces of vertebrae section, the age and growth of *M. maculata* were studied. Results showed that the annuli was composed of opaque wide band and transparent narrow band which indicated they were formed once a year, from August to October by monthly changes in the Marginal Growth Increment (MGI). Moreover, the Gonadosomatic index (GSI) designated that the time of reproduction period and formed annuli were similar. Both the GSI and the pelagic water temperature peaked from August to October, which indicated the close relationship of *M. maculata* spawned periods and pelagic water temperature. Age was determined by reading annuli on vertebrae, and the estimated age ranges from 0⁺ to 5⁺ years for female and from 0⁺ to 4⁺ years for male. The females and males moonfish showed similar ages structure and growth patterns, and the body weight and fork length data fitted the function $W=6\times 10^{-5}L^{2.8415}$ ($n=1025$, $r^2=0.94$, $P>0.05$). The fork length and age data fitted the von Bertalanffy growth function $L_t=334.85[1-e^{-0.17(t+0.92)}]$. It can be safely concluded that moonfish grows faster before age three, and then slows down.

Key words: *Mene maculata*; vertebrae; age; growth; mouth of the Beibu Gulf

Corresponding author: LU Huo-sheng. E-mail: luhs@gdou.edu.cn