

西北太平洋秋刀鱼耳石生长与性成熟度、个体大小的关系

朱清澄^{1,2,3}, 杨明树¹, 高玉珍¹, 花传祥¹, 李珊珊¹, 周扬帆¹

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306)

摘要: 根据 2015 年 6—7 月和 10—11 月中国秋刀鱼船在西北太平洋采集的秋刀鱼 (*Cololabis saira*) 样本, 以耳石最大宽度 (MW) 与其总长 (TSL) 之比作为表征耳石生长的指标, 利用方差分析耳石生长与性成熟度、个体大小的关系。结果表明, 耳石扁平, 核心靠后端, 基叶较翼叶突出明显; 除 IV 外, 雌雄个体各期 TSL 和 MW 均值随性成熟度等级增大而增加, 在 IV ~ V 期 TSL 和 MW 均值明显增加。雌雄个体在 II、III、IV、V 期性成熟度间耳石 MW/TSL 不存在显著性差异 ($P > 0.05$), 表明从性成熟度 II 期开始的个体, 其耳石形态不随性成熟度的增加而变化。随着叉长增加, 雌、雄性个体 TSL 和 MW 均值逐渐增加, 不同叉长组间, 耳石 TSL、MW 均值差异显著 ($P < 0.05$)。在各个叉长组间雌雄个体耳石 MW/TSL 不存在显著性差异 ($P > 0.05$), MW/TSL 值增长不明显; 秋刀鱼从性成熟度 II 期开始, 随着叉长增加, 其耳石均匀生长。

关键词: 秋刀鱼; 耳石; 性成熟度; 叉长组

中图分类号: S 917.4 **文献标志码:** A

秋刀鱼 (*Cololabis saira*) 是一种经济性较高的中上层鱼类^[1], 主要分布于北太平洋^[2], 白天在距海面 15 m 左右的水层活动, 夜间上浮至水域的表上层活动^[3], 秋刀鱼在 5—7 月份从亚热带地区向北迁移, 到达亲潮海域 (Oyashio waters) 进行索饵, 然后在 7—8 份间向南洄游, 到达黑潮海域 (Kuroshio waters) 进行产卵, 产卵时间是从 9 月份到次年的 6 月份^[4-6], 秋刀鱼寿命一般是两龄^[7]。

耳石是鱼类生态信息的重要载体^[8], 是鱼类内耳中碳酸钙的沉淀, 具有听觉和保持身体平衡的作用^[9-10], 通常被用来推算鱼类孵化日期和微化学。耳石形态分析是鉴定鱼类种群的重要方法, 在鱼类分类上有重要的价值^[11], 张国华等^[12]研究了 6 种鲤科鱼类的耳石形态特征并确定了耳石形态特征在种类和群体识别上的有效性, 近年来, 国内外学者对秋刀鱼的研究主要涉及生物学特征^[13-15]、渔场变动和环境的关系^[16-17] 以及捕捞技术^[18] 等方面, 国内在秋刀鱼耳石形态方面的

研究很少, 因此运用大量的分析方法研究耳石形态特征具有重要的意义。本文根据 2014 年 6—7 月和 10—11 月在西北太平洋采集的秋刀鱼样品, 分析了秋刀鱼耳石的外部形态特征, 研究耳石生长与性成熟度、个体大小的关系, 以及秋刀鱼耳石生长变化规律, 探究耳石形态与其环境变化之间的关系, 为秋刀鱼渔业生物学的研究提供基础信息。

1 材料与方法

1.1 样本采集

样本采集委托秋刀鱼捕捞渔船“鲁蓬远渔 027”和“国际 908”进行, 调查时间分别为 2014 年 6—7 月和 10—11 月, 调查采样海域分别为 41°31' ~ 44°31'N、157°15' ~ 162°26'E; 38°38' ~ 44°24'N、146°38' ~ 155°44'E (图 1)。采集站点的样本从渔获物中随机获得, 采集的样本经冷冻保藏运回实验室。

收稿日期: 2016-07-03 修回日期: 2016-10-04

基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2013BAD13B05)

作者简介: 朱清澄 (1960—), 男, 教授, 研究方向为渔具与渔法学、远洋渔业资源开发与利用、海洋渔业管理、海洋救助工程。

E-mail: qczhu@shou.edu.cn

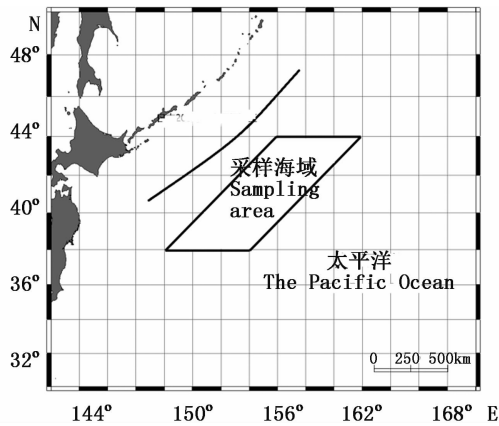


图1 秋刀鱼采样海域图

Fig. 1 Sampling locations of *Cololabis saira*

1.2 研究方法

1.2.1 基础生物学测定

在实验室经解冻后对秋刀鱼进行生物学测定,包括叉长(Fork length, FL)、体质量(body weight, BW)、性别及性成熟度等。叉长的测定精度为1 mm,体质量测定精度为0.1 g,性成熟度划分方法参照《海洋水产资源调查手册》^[19]。

1.2.2 耳石提取与处理

从头部平衡囊取出耳石,将取出的耳石放于有95%乙醇溶液的1.5 mL的离心管中并进行编号,随机抽取758个样本,其中秋刀鱼叉长为198~346 mm,体质量为29~192 g。将左耳石凸面向上置于Olympus光学显微镜(物镜×4, ×10, ×40,目镜×10)×40倍下用CCD拍照。然后使用WT-Tiger 1000专业图像分析软件,首先沿水平和垂直两个方向进行校准,然后分别测量耳石总长(total statolith length, TSL)和最大宽度(maximum width, MW)。测量由2人独立进行,若两者误差大于5%,则重新对其测量,否则取两者的平均值。

1.3 数据处理方法

(1)计算耳石MW与TSL之比,以此表征耳石的生长。

(2)利用ANOVA分析对雌雄个体不同性成熟度和不同叉长组的耳石MW/TSL进行差异性比较。

(3)应用SPSS 19.0软件进行数据统计分析。

2 结果

2.1 耳石形态特征描述

观察发现(图2),耳石扁平,呈椭圆形,核心靠后端,耳石前端较尖,后端钝圆。耳石由背区和腹区组成,背、腹区长窄,腹区比背区长度长,背区延伸出翼叶,腹区前端是基叶,基叶较翼叶突出明显。雌雄性别组成1.7:1,雌性样本中,TSL为1 220~2 356 μm,均值为1 845 μm, MW为787~1 454 μm,均值为1 161 μm;雄性样本中,TSL为1 410~2 449 μm,均值为1 858 μm, MW为862~1 462 μm,均值为1 161 μm。

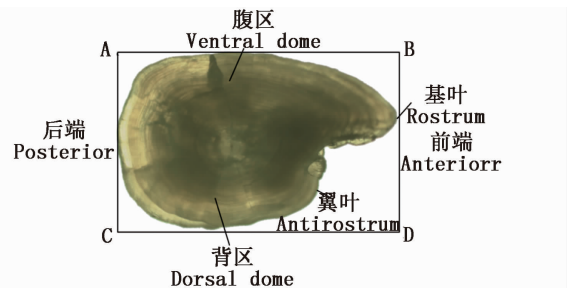


图2 秋刀鱼耳石测量示意图

Fig. 2 Scheme of morphometric measurements of statolith for *C. saira*

AB. 耳石总长(Total statolith length, TSL); AC. 最大宽度(maximum width, MW)

2.2 不同性成熟度间耳石MW/TSL的分布

研究发现,雌、雄性个体的性成熟度为Ⅱ~Ⅴ期,以Ⅱ、Ⅲ期为主(图3),缺少Ⅵ期样本。除Ⅳ期外,雌雄个体各期TSL和MW均值随性成熟度等级增大而增加,在Ⅳ~Ⅴ期TSL和MW均值明显增加,性成熟度为Ⅴ期时,雌性个体TSL和MW均值较雄性高(图4),*t*检验结果表明,雌性个体Ⅴ期的TSL、MW均值与Ⅱ期、Ⅲ期差异极显著($P < 0.01$),其TSL均值与Ⅳ期差异显著($P < 0.05$),MW均值与Ⅳ期差异显著($P < 0.01$),雄性个体Ⅴ期的TSL、MW均值与Ⅱ期存在显著性差异($P < 0.01$),与Ⅳ期存在显著性差异($P < 0.05$)。

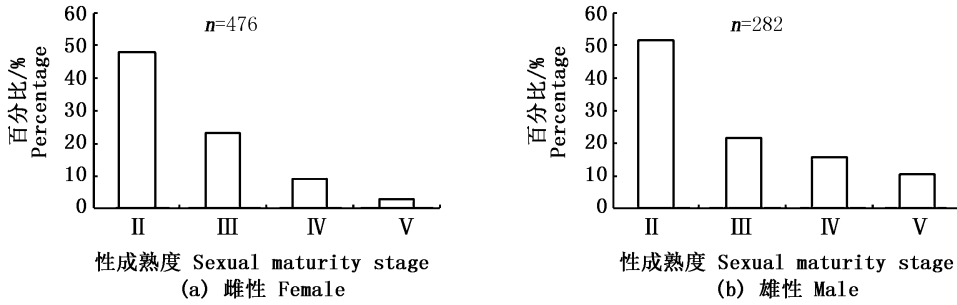


图3 秋刀鱼雌雄个体不同性成熟度的分布统计

Fig.3 Distribution statistics of different sexual maturity stages female and male of *C. saira*

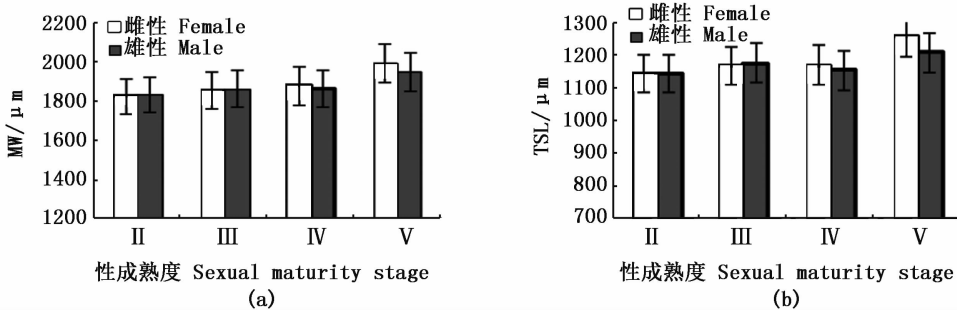


图4 秋刀鱼个体不同性成熟度 TSL、MW 均值变化

Fig.4 Mean values of TSL and MW of *C. saira* in different sexual maturity stages

ANOVA 分析结果显示,雌、雄性样本 4 期性成熟度间耳石 MW/TSL 不存在显著性差异 ($P > 0.05$),表明从性成熟度 II 期开始的个体,其耳石形态不随性成熟度的增加而变化。耳石 MW/

TSL 均值变化如图 5 所示,各性成熟时期 MW/TSL 均值变化较小,II 期、III 期 MW/TSL 值范围较 IV、V 期大(表 1)。

表 1 不同性成熟度下雌雄个体 MW/TSL 均值统计

Tab.1 MW/TSL mean statistics of female and male individuals in different sexual maturity stages

性别 Sexual	性成熟度 Sexual maturity stage	样本数量 Number of samples	MW/TSL 均值 Mean of MW/TSL	标准差 Std. deviation	P Sig(2-tailed)
雌性 Female	II 期 Stage II	276	0.632	0.051	0
	III 期 Stage III	134	0.633	0.044	0
	IV 期 Stage IV	52	0.626	0.043	0
	V 期 Stage V	14	0.634	0.038	0
雄性 Male	II 期 Stage II	30	0.624	0.061	0
	III 期 Stage III	45	0.623	0.042	0
	IV 期 Stage IV	61	0.635	0.054	0
	V 期 Stage V	146	0.627	0.052	0

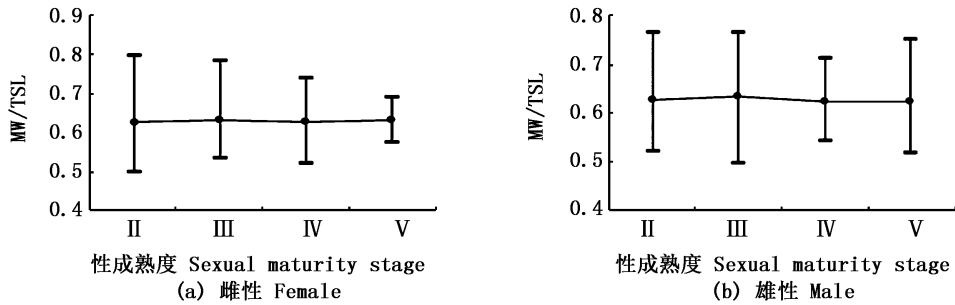


图5 秋刀鱼雌雄个体不同性成熟度 MW/TSL 均值变化
Fig. 5 Mean values of MW/TSL of *C. saira* in different sexual maturity stages

2.3 不同叉长组间耳石 MW/TSL 的分布

样本中,雌性个体叉长范围为 198 ~ 332 mm,以 15 mm 为单位,在 195 ~ 210 mm 和 330 ~ 345 mm 叉长中数据较少,故将其分为 8 组,雄性个体叉长范围为 213 ~ 323 mm,以 15 mm 为单位,将其分为 9 组(图 6),从图 7 可以看出,随着叉长增加,雌、雄性个体 TSL 和 MW 均值逐渐增加,不同叉长组间,耳石 TSL、MW 均值差异显著 ($P < 0.05$)。

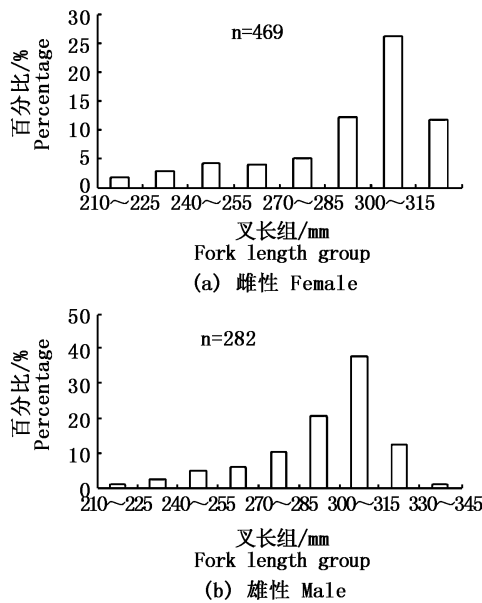


图6 秋刀鱼雌雄个体叉长组组成
Fig. 6 Fork length groups of female and male of *C. saira*

ANOVA 分析结果显示,雌、雄个体在各个叉长组间耳石 MW/TSL 不存在显著性差异 ($P > 0.05$)。耳石 MW/TSL 均值变化如图 8 所示,雌雄个体的 MW/TSL 均值先减小后增大,雌性 MW/TSL 在 240 ~ 250 mm 间最小,雄性 MW/TSL 在 255 ~ 270 mm 间最小,不同叉长组下个体 MW/TSL 均值统计如表 2。

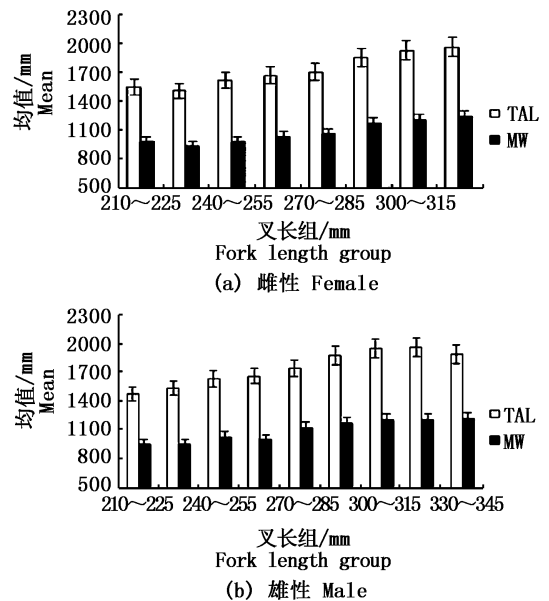


图7 不同叉长范围秋刀鱼个体 TSL、MW 均值变化
Fig. 7 Mean values of TSL and MW of *C. saira* in different fork length groups

表 2 不同叉长范围下个体 MW/TSL 的均值分布统计
Tab.2 Mean statistics of MW/TSL under different fork length groups

性别 Sexual	叉长组 Fork length group	样本数量 Number of samples	MW/TSL 均值 Mean of MW/TSL	标准差 Std. deviation	P Sig(2-tailed)
雌性 Female	210 ~ 225	9	0.64	0.03	0
	225 ~ 240	14	0.628	0.04	0
	240 ~ 255	20	0.61	0.031	0
	255 ~ 270	31	0.625	0.045	0
	270 ~ 285	48	0.632	0.043	0
	285 ~ 300	39	0.638	0.054	0
	300 ~ 315	199	0.631	0.046	0
雄性 Male	315 ~ 330	55	0.639	0.053	0
	225 ~ 240	7	0.625	0.036	0
	240 ~ 255	14	0.632	0.031	0
	255 ~ 270	17	0.605	0.044	0
	270 ~ 285	30	0.649	0.056	0
	285 ~ 300	60	0.629	0.051	0
	300 ~ 315	110	0.626	0.054	0
	315 ~ 330	36	0.621	0.057	0
	335 ~ 340	4	0.644	0.044	0

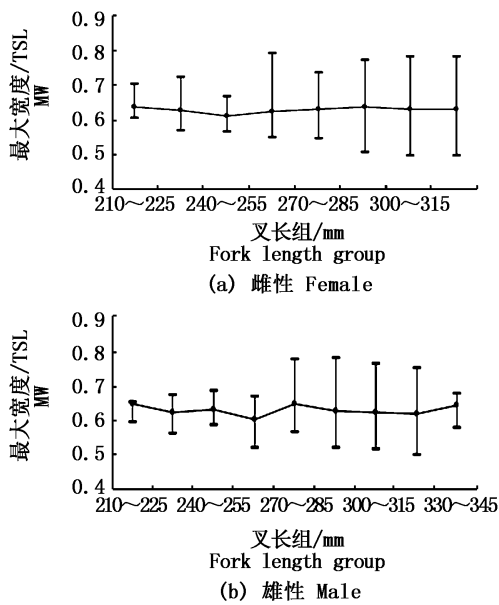


图 8 不同叉长范围秋刀鱼个体 MW/TSL 均值变化
Fig.8 Mean values of MW/TSL of *C. saira* in different fork length groups

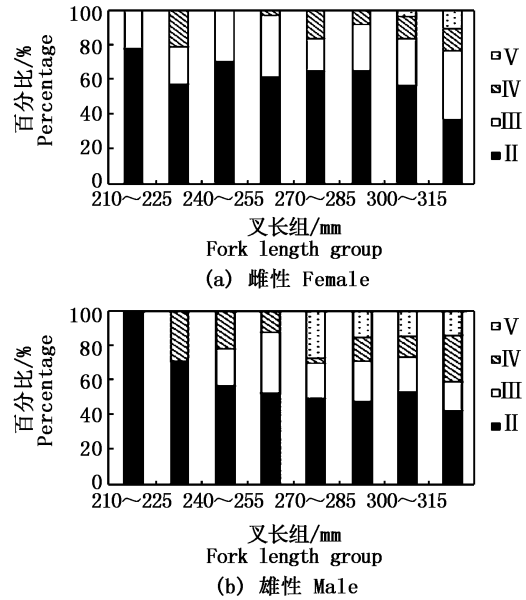


图 9 不同叉长组下性成熟度百分比
Fig.9 Percentage of each sexual maturity stage in different fork length groups

2.4 不同叉长组下性成熟度百分比组成

分析发现,各叉长组的雌雄个体性成熟度主要为 II 期,约占各组样品数的 50% 以上,而相较于 II 期, III、IV、V 个体较少,主要为 III 期(图 9)。

3 讨论

3.1 耳石形态特征描述

耳石记录了鱼类如年龄、生长发育和种群等重要信息^[20],在耳石生长过程中,背区、腹区、基叶和翼叶结构逐渐形成^[21]。通常,耳石形态存在

个体和年龄上的差异^[22],陆化杰等^[23]认为不同的个体发育阶段,阿根廷滑柔鱼(*Illex argentinus*)耳石外部形态特征有所不同。秋刀鱼在生长过程中,逐渐成熟,其个体大小逐渐增加,并且会受温度、海水盐度和食物条件的影响而有所差异^[24],因此推测不同性成熟度和叉长组下,耳石的生长和外部形态也有所不同。

3.2 不同性成熟度间耳石 MW/TSL 的分布

雌、雄性秋刀鱼样本随着叉长的逐渐增大,性成熟度所占的百分比也逐渐增加。秋刀鱼从性未成熟到性成熟阶段,叉长组从小到大,其耳石 TSL、MW 均值逐渐增大,表明耳石的生长持续秋刀鱼整个生长过程。雌、雄性样本 IV 期性成熟度间耳石 MW/TSL 不存在显著性差异($P > 0.05$),表明西北太平洋秋刀鱼耳石生长与性成熟度没有明显的相关性,随着性成熟度增加,MW/TSL 均值基本不变,而且秋刀鱼耳石扁平,呈椭圆形,外形规整,因此我们认为秋刀鱼从性成熟度 II 期开始到 V 期,其耳石均匀生长,这与陈新军等^[25]研究发现柔鱼耳石在性成熟度 I 期以后均匀生长结果一致。性成熟度 I 期的秋刀鱼性腺不发达,肉眼无法辨别雌雄^[19],故文中对其没有研究;由于采样限制,本研究未取到性成熟度 VI 期的秋刀鱼样本,排完卵后的秋刀鱼耳石生长是否有所变化,亟待研究。另外,马金等^[26]认为温度、食物等环境因子对耳石形态有一定的影响,而海水温度对头足类早期生长有很大的影响,所以性成熟度 I 期个体耳石的生长可能会受温度、盐度等外部条件影响,使得其与其他性成熟时期耳石生长存在差异。

3.3 不同叉长组间耳石 MW/TSL 的分布

结果发现,随着叉长增加,雌、雄性个体 TSL 和 MW 均值逐渐增加,不同叉长组间耳石 TSL、MW 均值差异显著($P < 0.05$),通常秋刀鱼耳石主要形态参数 TSL 与个体大小呈现显著的幂函数关系^[27],所以个体大小与秋刀鱼耳石形态存在相关性。分析发现,雌、雄个体在各个叉长组间耳石 MW/TSL 不存在显著性差异($P > 0.05$),这说明随着叉长增加,秋刀鱼耳石均匀生长,MW/TSL 均先减小后增大,雌性 MW/TSL 在 240~250 mm 间相对较小,雄性 MW/TSL 在 255~270 mm 间相对较小,雌雄个体 MW/TSL 均值增长速度不明显,雌性与雄性个体 MW/TSL 值随叉长的变化

趋势相似,这与陈新军等^[28]的结果不同,其认为雌性和雄性个体 MW/TSL 值随胴长的变化趋势不同,这或许是柔鱼耳石外部形态与秋刀鱼耳石存在较大差异的原因。

研究认为,在秋刀鱼早期生长阶段,耳石的生长会受海水温度、盐度和摄食条件等影响。另外,该研究 V、VI 期的秋刀鱼样品较少,对研究的结果可能会有一定程度的影响,需要在以后的研究中加以补充和完善。

参考文献:

- [1] NAKAYA M, MORIOKA T, FUKUNAGA K, et al. Growth and maturation of Pacific saury *Cololabis saira* under laboratory conditions[J]. *Fisheries Science*, 2010, 76: 45.
- [2] SUYAMA S, OSHIMA K, NAKAGAMI M, et al. Seasonal changes in otolith and somatic growth in age-0 Pacific saury *Cololabis saira*[J]. *Fisheries Science*, 2011, 77(2): 223-233.
- [3] 花传祥,朱清澄,吴永辉,等. 2005 年西北太平洋公海秋刀鱼渔场分布及其与表温之间的关系[J]. *中国农业科技导报*, 2006, 8(5): 90-94.
HUA C X, ZHU Q C, WU Y H, et al. Fishing ground distribution of *Cololabis saira* and its correlation with SST in the northwestern Pacific from July to September 2005 [J]. *Review of China Agricultural Science and Technology*, 2006, 8(5): 90-94.
- [4] WATANABE Y, LO N C H. Larval production and mortality of Pacific saury, *Cololabis saira*, in the northwestern Pacific Ocean[J]. *Fisheries Bulletin US*, 1989, 87(3): 601-613.
- [5] FUKUSHIMA S. Synoptic analysis of migration and fishing conditions of pacific saury in the northwest Pacific Ocean [J]. *Bulletin of Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory*, 1979, 4: 1-70.
- [6] OOZEKI Y, WATANABE Y. Comparison of somatic growth and otolith increment growth in laboratory-reared larvae of Pacific saury, *Cololabis saira*, under different temperature conditions[J]. *Marine Biology*, 2000, 136(2): 349-359.
- [7] SUYAMA S, KURITA Y, UENO Y. Age structure of Pacific saury *Cololabis saira* based on observations of the hyaline zones in the otolith and length frequency distributions [J]. *Fisheries Science*, 2006, 72(4): 742-749.
- [8] 吴超,邹晓荣,张敏,等. 东南太平洋智利竹筴鱼耳石的形态特征分析[J]. *上海海洋大学学报*, 2011, 20(6): 895-901.
WU C, ZOU X R, ZHANG M, et al. Study on sagitta morphology of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) in the southeast Pacific Ocean [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2011, 20(6): 895-901.
- [9] 徐胜勇,张辉,潘晓哲,等. 许氏平鲉群体耳石形态学比

- 较[J]. 中国海洋大学学报, 2012, 42(11): 54-61.
- XU S Y, ZHANG H, PAN X Z, et al. Morphological comparison of the otolith of *Sebastes schlegelii* populations [J]. Periodical of Ocean University of China, 2012, 42(11): 54-61.
- [10] 姜涛, 杨健, 刘洪波, 等. 刀鲚、凤鲚和湖鲚矢耳石的形态学比较研究[J]. 海洋科学, 2011, 35(3): 23-31.
- JIANG T, YANG J, LIU H B, et al. A comparative study of the morphology of sagittal otolith in *Coilia nasus*, *Coilia mystus* and *Coilia nasus taihuensis* [J]. Marine Sciences, 2011, 35(3): 23-31.
- [11] 区又君, 廖锐, 李加儿, 等. 4种石首鱼耳石形态特征的比较[J]. 华南农业大学学报, 2012, 33(2): 203-210.
- QU Y J, LIAO R, LI J E, et al. Comparison of morphological characteristics of otolith in four sciaenid fishes [J]. Journal of South China Agricultural University, 2012, 33(2): 203-210.
- [12] 张国华, 但胜国, 苗志国, 等. 六种鲤科鱼类耳石形态以及在种类和群体识别中的应用[J]. 水生生物学报, 1999, 23(6): 683-688.
- ZHANG G H, DAN S G, MIAO Z G, et al. Otolith morphology of six cyprinid species with the use in species and stock discriminations[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1999, 23(6): 683-688.
- [13] 张阳, 朱清澄, 晏磊, 等. 西北太平洋公海春季秋刀鱼生物学特性的初步研究[J]. 海洋湖沼通报, 2013(1): 53-60.
- ZHANG Y, ZHU Q C, YAN L, et al. Preliminary study on biological characteristics of *Cololabis saira* in the northwest Pacific ocean in spring[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2013(1): 53-60.
- [14] 商李磊, 朱清澄, 晏磊, 等. 西北太平洋公海秋刀鱼生物学特性研究[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(10): 198-201.
- SHANG L L, ZHU Q C, YAN L, et al. Study on biological characteristics of *Cololabis saira* in the northwest Pacific ocean [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2012, 40(10): 198-201.
- [15] 叶旭昌, 刘瑜, 朱清澄, 等. 北太平洋公海秋刀鱼生物学特性初步研究[J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(3): 264-268.
- YE X C, LIU Y, ZHU Q C, et al. Biological characteristics of *Cololabis saira* in North Pacific Ocean high sea [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2007, 16(3): 264-268.
- [16] 沈建华, 韩士鑫, 樊伟, 等. 西北太平洋秋刀鱼资源及其渔场[J]. 海洋渔业, 2004, 26(1): 61-65.
- SHEN J H, HAN S X, FAN W, et al. Saury resource and fishing grounds in the northwest Pacific [J]. Marine Fisheries, 2004, 26(1): 61-65.
- [17] 汤振明, 黄洪亮, 石建高. 中国开发利用西北太平洋秋刀鱼资源的探讨[J]. 海洋科学, 2004, 28(10): 56-59.
- TANG Z M, HUANG H L, SHI J G. An approach to exploitation and utilization of *Cololabis saira* resource in west Pacific Ocean [J]. Marine Sciences, 2004, 28(10): 56-59.
- [18] 王明彦, 张勋, 徐宝生. 秋刀鱼 *Cololabis saira* (Brevoort) 舷提网渔业的现状及发展趋势[J]. 现代渔业信息, 2003, 18(4): 3-7.
- WANG M Y, ZHANG X, XU B S. The status and development trend of stick-held net fishery for *Cololabis saira* (Brevoort) [J]. Modern Fisheries Information, 2003, 18(4): 3-7.
- [19] 陈新军. 渔业资源与渔场学[M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 86-88.
- CHEN X J. Fisheries resources and fishing grounds learning [M]. Beijing: China Ocean Press, 2004: 86-88.
- [20] 刘志远, 李圣法, 徐献明, 等. 大黄鱼仔稚鱼不同发育阶段矢耳石形态发育和微结构特征[J]. 中国水产科学, 2012, 19(5): 863-871.
- LIU Z Y, LI S F, XU X M, et al. Morphological development and microstructure of sagittal otolith of large yellow croaker, *Larimichthys crocea* during larval and early juvenile stages [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2012, 19(5): 863-871.
- [21] ARKHIPKIN A I, BJORKE H. Statolith shape and microstructure as indicators of ontogenetic shifts in the squid *Gonatus fabricii* (Oegopsida, Gonatidae) from the Norwegian sea [J]. Polar Biology, 2000, 23(1): 1-10.
- [22] 何文平. 鱼类耳石形态研究进展[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(30): 14760-14762.
- HE W P. Review of fish otolith morphology research [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(30): 14760-14762.
- [23] 陆化杰, 陈新军, 刘必林. 西南大西洋阿根廷滑柔鱼耳石外部形态特性分析[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(3): 338-344.
- LU H J, CHEN X J, LIU B L. Statolith morphology of the *Illex argentinus* in Southwest Atlantic Ocean [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2009, 18(3): 338-344.
- [24] KURITA Y, NEMOTO Y, OOEZKI Y, et al. Variations in patterns of daily changes in otolith increment widths of 0 + Pacific saury, *Cololabis saira*, off Japan by hatch date in relation to the northward feeding migration during spring and summer [J]. Fisheries Oceanography, 2004, 13(S1): 54-62.
- [25] 陈新军, 马金, 刘必林, 等. 性成熟和个体大小对西北太平洋柔鱼耳石形态的影响[J]. 水产学报, 2010, 34(6): 748-754.
- CHEN X J, MA J, LIU B L, et al. Effects of sexual maturity and body size on statolith shape of *Ommastrephes bartramii* in the Northwest Pacific Ocean [J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(6): 748-754.
- [26] 马金, 陈新军, 刘必林, 等. 环境对头足类耳石微结构的影响研究进展[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(5):

- 616-621.
- MA J, CHEN X J, LIU B L, et al. Review of the influence of environment factors on microstructure of statoliths of cephalopod [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2009, 18(5): 616-621.
- [27] 王晓杰, 朱清澄, 张阳, 等. 西北太平洋秋刀鱼耳石形态学分析[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(4): 210-213.
- WANG X J, ZHU Q C, ZHANG Y, et al. Statolith morphology of *Cololabis saira* in Northwest Pacific Ocean [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2013, 41(4): 210-213.
- [28] 陈新军, 陆化杰, 刘必林, 等. 性成熟和个体大小对智利外海茎柔鱼耳石生长的影响[J]. 水产学报, 2010, 34(4): 540-547.
- CHEN X J, LU H J, LIU B L, et al. Effect of sexual maturity and size on statolith growth of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in the high sea waters off Chile [J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(4): 540-547.

The relationship between statolith growth, sexual maturity and body size of *Cololabis saira* in the Northwest Pacific Ocean

ZHU Qingcheng^{1,2,3}, YANG Mingshu¹, GAO Yuzhen¹, HUA Chuanxiang¹, LI Shanshan¹, ZHOU Yangfan¹
(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. National Engineering Research Centre for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China; 3. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China)

Abstract: Based on the samples collected by Chinese saury fishery fleet from the sea of the northwest Pacific Ocean from June to July and October to November in 2015, with the ratio of statolith maximum width (MW) to total length (TSL) as an indicator of statolith growth, the relationship between of statolith growth, sexual maturity and body size of *Cololabis saira* in the Northwest Pacific Ocean was analyzed by the analysis of variance. The results showed that statolith of *Cololabis saira* was flat and oval, its focus was on the backend and it has an apparent rostrum which is longer than the antirostrum; In addition to IV stage, TSL and MW mean of female and male individual increased with increased sexual maturity level. TSL and MW mean increased obviously from IV to V stages. There was not significant difference between their MW/TSL ($P > 0.05$) for the female and male individuals at four sexual maturity stages, the statoliths of *Cololabis saira* hardly changed their shape after the sexual maturity stage I. As fork length increased, TSL and MW mean of female and male individuals increased gradually, TSL and MW means had significant difference between fork length groups ($P < 0.05$). There was not significant difference between their MW/TSL ($P > 0.05$) for the female and male individuals in different fork length groups, and growth of MW to TSL (MW/TSL) was not obvious. With the fork length increasing, *Cololabis saira* statolith grew uniformly from stage II of sexual maturity.

Key words: *Cololabis saira*; statolith; sexual maturity; fork length group