

东海北部、黄海南部黄鲈的年龄和生长

徐开达 贺舟挺 李鹏飞 薛利建 朱文斌

(浙江省海洋水产研究所, 舟山 316100)

摘 要 利用黄鲈 *Lophius litulon* 耳石对 2007 年 3 月~2009 年 5 月取自东海北部、黄海南部黄鲈的年龄和生长特征进行了分析。结果显示, 黄鲈群体由 1~5 龄组成, 以 1~2 龄鱼为主, 捕捞群体呈低龄化; 生长特点属均匀生长型, 体重与体长关系为 $W = 1.55897 \times 10^{-5} L^{3.10865}$, 体长与耳石半径关系为 $L = 244.11R - 210.6$, 体长生长方程为 $L_t = 749.9[1 - e^{-0.349(t+0.256)}]$, 体重生长方程为 $W_t = 13496.4[1 - e^{-0.349(t+0.256)}]^{3.10865}$, 极限年龄 T_{max} 为 8.337 龄, 生长拐点年龄 t_i 为 2.994 龄, 此时对应的体长和体重分别为 508.8 mm 和 4 038.7 g。为保护黄鲈资源, 应限捕体长在 500 mm 以下的个体。

关键词 黄鲈 年龄 生长 东海北部 黄海南部

中图分类号 S931.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2010)06-0009-06

Age and growth of *Lophius litulon* in north of the East China Sea and south of the Yellow Sea

XU Kai-da HE Zhou-ting LI Peng-fei XUE Li-jian ZHU Wen-bin

(Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100)

ABSTRACT Based on the otoliths, the age and growth characteristics of *Lophius litulon* in north of the East China Sea and south of the Yellow Sea during March, 2007 ~ May, 2009 were studied. The results showed that the age of captured *L. litulon* was between 1 ~ 5 a, and were mainly composed of young fishes of 1~2 years old. The relationship between body length (L) and weight (W) was described as $W = 1.55897 \times 10^{-5} L^{3.10865}$. The relationship between the radius of otolith and body length was $L = 244.1R - 210.6$. The growth pattern can be described by von Bertalanffy equation as $L_t = 749.9[1 - e^{-0.349(t+0.256)}]$, $W_t = 13496.4[1 - e^{-0.349(t+0.256)}]^{3.10865}$. The maximum age was 8.337 a. The age of growth turning point was 2.994 a, and the corresponding body length and body weight were 508.8 mm and 4 038.7 g respectively. For the purpose of resource conservation, fishing of *L. litulon* should be limited to the individuals with body length below 500 mm.

KEY WORDS *Lophius litulon* Age Growth North of the East China Sea South of the Yellow Sea

国家科技支撑计划项目(2007BAD43B01)、浙江省科技厅科技计划项目(2010F30001)和浙江省科研院所公益技术攻关项目(2007BAD43B02)共同资助

收稿日期: 2010-03-04; 接受日期: 2010-03-29

作者简介: 徐开达(1981-), 男, 工程师, 主要从事渔业资源生物学研究。E-mail: xkd1981@163.com, Tel: (0580)3013437

黄鮟鱇 *Lophius litulon* 隶属于鮟鱇目、鮟鱇科、鮟鱇属,为近海底层鱼类,俗称“海蛤蟆”、“蛤蟆鱼”,主要分布于印度洋及北太平洋西部,我国渤海、黄海、东海及南海均有分布(苏锦祥等 2002)。黄鮟鱇身形怪异,食性凶猛,主要摄食各种中下层鱼类,生长较快,成鱼个体较大,最大体长可达 0.7 m 左右。黄鮟鱇肉质鲜美,干制品甚受欢迎,除具有较高的食用价值外,还具有较高的药用价值,皮、鳃、肝、鳍、胃和卵巢等都可以加工成品或提炼成药物。目前在韩国、日本等国外市场非常走俏,市场潜力较大,是一种重要的海产品。

迄今有关鮟鱇科鱼类年龄和生长方面的研究,仅见东海黑鮟鱇 *Lophiomus setigerus* (Michio *et al.* 1998)、东北大西洋白鮟鱇 *Lophius piscatorius* (Landa *et al.* 2008)和北爱尔兰白鮟鱇 *Lophius piscatorius* (Crozier 1989)的报道,针对黄鮟鱇群体的研究尚属空白。本文根据 2007 年 3 月~2009 年 5 月采集的样本,分析了东海北部、黄海南部黄鮟鱇的群体结构、年龄组成和生长特征等,所得结果有助于更全面认识黄鮟鱇资源现状,同时通过对其生长规律的研究,也为其资源评估和渔业管理提供基础材料。

1 材料和方法

1.1 样本来源

本文数据来源于 2008 年 5、8、11 月和 2009 年 2 月 4 个航次的底层拖网调查资料,调查范围为东、黄海 30°00′~35°00′N, 127°00′E 以西海域。每隔经、纬度 30′ 设一采样站位(图 1)。调查船为 230kW 的底层双拖渔船,采用 400 cm×100 目调查网具,拖速为 2.5 kn,每站拖 1 h 左右,共收集黄鮟鱇 318 尾。

同时,又对 2007 年 3 月~2009 年 5 月浙江省拖虾、单拖、帆张网、流刺网等作业方式的渔获物进行取样,取样海区主要在舟山渔场、长江口渔场、大沙渔场和沙外渔场等,按月(伏休期除外)共收集黄鮟鱇 467 尾。

1.2 样本测定及数据处理

取新鲜个体,进行体长(精确到 1 mm)、体重(精确到 0.1 g)等生物学测量。摘取耳石作为年龄鉴定材料,观测前将耳石打磨成薄片,然后置于载玻片上,用 10 倍的体视显微镜在透射光下观察其年轮数并用目微尺测量年轮径与耳石半径长,精确度保留小数点后两位。

体长与耳石半径的关系用线性函数拟合,其表达式为: $L=a+bR$ 。式中, L 为体长, R 为耳石半径,即耳石中心至外缘的直线距离,耳石半径和年轮径在同一直线上测量。

$$\text{各年龄的逆算体长(Lee 1920): } L_i = a + \frac{(L-a)r_i}{R}$$

式中, L_i 为第 i 年龄或年轮的逆算体长; a 为关系式 $L=a+bR$ 的截距, L 为体长, r_i 为年轮径,计测耳石中心核至第 i 年轮的直线距离,年轮径的计测以不透明带外缘为准。

体长和体重的关系用幂函数拟合,其表达式为: $W=aL^b$ 。

使用逆算体长以 Walford 生长变换法(詹秉义 1993)拟合 von Bertalanffy 生长方程(VBGF),从而得到必要的参数。上述统计检验均用 SPSS 软件处理。

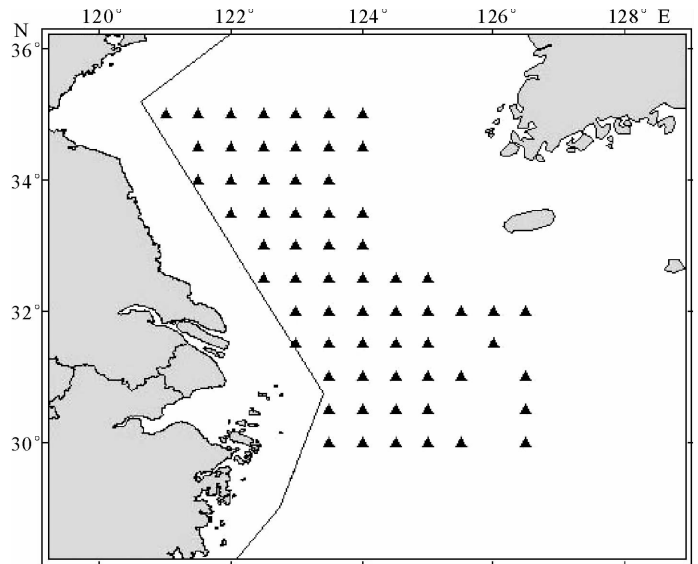


图 1 取样站位点

Fig. 1 Sampling stations

2 结果

2.1 群体结构

2.1.1 年龄材料特征

黄鮟鱇耳石呈扇形, 花簇状, 形状较像贝壳(图 2)。根据黄鮟鱇耳石磨片表面的年轮特征, 在透射光下, 年轮由窄而透明的亮带和宽而不透明的暗带组成, 显然宽带是在夏季生长季节形成的, 而窄带是在冬季生长缓慢季节形成的。在年轮排列区域, 年轮间距呈现有规律地递减, 靠近中心核的年轮间距较大, 而远离中心核的轮纹间距逐渐减小。

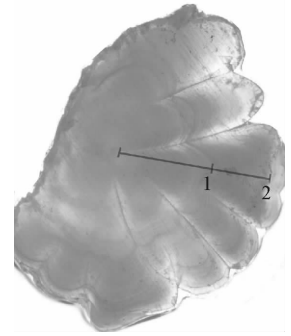


图 2 黄鮟鱇耳石的形状和年轮

Fig. 2 Otolith form and annulus of *L. litulon*

2.1.2 体长组成

黄鮟鱇群体体长范围为 27~650 mm, 均值为 267.9±100.2 mm。优势体长为 200~350 mm, 占群体总数的 64.7%, 其中 250~300 mm 之间体长组出现 1 个显著的峰值, 占群体的 32.9%(图 3)。

2.1.3 体重组成

黄鮟鱇群体体重范围为 100.0~691.5 g, 均值为 813.5±937.2 g。体重分布主要集中在 100.0~900 g 之间, 占群体总数的 74.1%, 300~600 g 之间体重组出现 1 个峰值(图 4)。

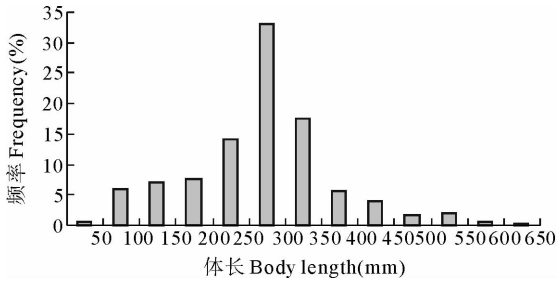


图 3 黄鮟鱇渔获物体长分布($n=785$)

Fig. 3 The body length distribution of captured *L. litulon*

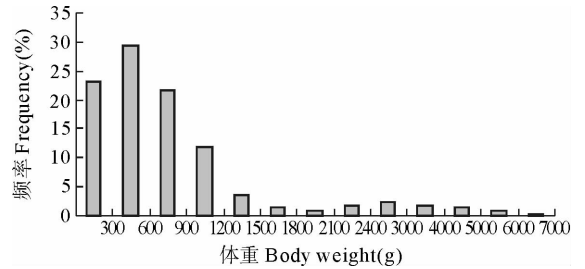


图 4 黄鮟鱇渔获物体重分布($n=785$)

Fig. 4 The body weight distribution of captured *L. litulon*

2.1.4 年龄组成

黄鮟鱇群体年龄组成为 1~5 龄, 低龄个体占绝对优势。2007~2009 年, 1 龄鱼个体占总数的 81.2%, 2 龄占 14.1%, 3 龄以上不超过 5%(图 5)。经 χ^2 检验, 黄鮟鱇年龄组成 3 年间无显著差异($P>0.05$), 1 龄鱼都占较大比例, 但比例呈现逐年增大的趋势; 2 龄及 2 龄以上鱼所占比例都较小, 且呈逐年递减的趋势, 4 龄鱼在 2007 年和 2008 年有渔获, 5 龄鱼只在 2008 年出现。

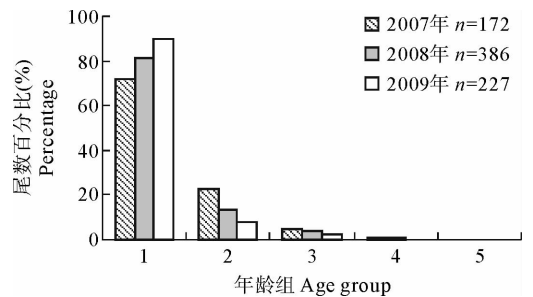


图 5 2007~2009 年黄鮟鱇年龄组成

Fig. 5 The age distribution of *L. litulon* during 2007~2009

2.2 生长分析

2.2.1 体长和体重的关系

根据 785 尾的体长、体重数据, 拟合得到体长(L)与体重(W)呈幂函数相关(图 6), 其表达式为: $W=1.55897 \times 10^{-5} L^{3.10865}$ ($R^2=0.9752, n=785$), b 值接近 3, 黄鮟

鳊生长符合匀速生长。

2.2.2 体长与耳石半径关系

用线性函数拟合黄鳊体长与耳石半径长(R),呈显著相关(图7),表达式为:

$$L = 244.11R - 210.6 (R^2 = 0.9514, n = 78)$$

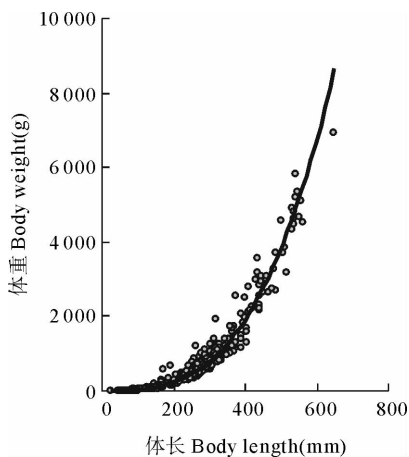


图6 黄鳊体长与体重的关系曲线

Fig. 6 Correlation between body length and body weight of *L. litulon*

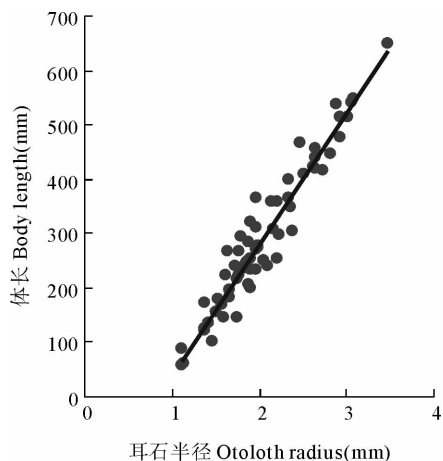


图7 黄鳊体长和耳石半径的关系

Fig. 7 Relationship between otolith radius and body length of *L. litulon*

2.2.3 年轮形成时间

耳石边缘不透明带出现比例的月变化:10月至翌年2月是慢速生长期,尤以12月至翌年2月为1个波峰,3~10月为快速生长期(图8),表明了每年生长轮形成1次。

2.2.4 生长方程和生长参数

根据测定的各年龄组的轮径、耳石半径和体长,计算出的各年龄组的逆算体长如表2所示,体长最大年增长量可达143 mm。

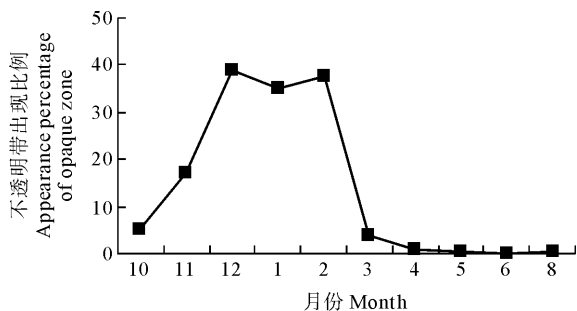


图8 耳石边缘不透明带出现比例的月变化

Fig. 8 Monthly variation in appearance percentage of otolith circumference opaque zone

表2 黄鳊各年龄组的测定体长和逆算体长

Table 2 Observed and back-calculated body lengths by age group for *L. litulon*

| 年龄(a) Age | 样本数 Number | 测定平均体长 Observed mean BL(mm) | 逆算体长 Calculated BL(mm) | | | | |
|-------------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 |
| 1 | 54 | 257.3 | 263.7 | | | | |
| 2 | 15 | 400.1 | 246.2 | 402.7 | | | |
| 3 | 5 | 514.2 | 274.4 | 386.9 | 522.1 | | |
| 4 | 3 | 573.5 | 262.8 | 415.2 | 507.8 | 573.5 | |
| 5 | 1 | 631.1 | 277.4 | 427.5 | 524.1 | 589.2 | 631.1 |
| 逆算平均体长 Back-calculated mean BL (mm) | | | 264.9 | 408.1 | 518.0 | 581.4 | 631.1 |
| 增长量 Growth increment (mm) | | | | 143.2 | 109.9 | 63.4 | 49.7 |

使用推算数据来拟合黄鮟鱇 von Bertalanffy 生长方程,求得各项生长参数为:渐近体长 $L_{\infty} = 749.9 \text{ mm}$, 渐近体重 $W_{\infty} = 13\ 496.4 \text{ g}$, 生长参数 $K = 0.349$, 生长起点年龄 $t_0 = -0.256$ 。根据费鸿年等(1990)的方法,估算出极限年龄 T_{\max} 为 8.337 龄。黄鮟鱇体长、体重生长方程分别为:

$$L_t = 749.9(1 - e^{-0.349(t+0.256)}), W_t = 13\ 496.4(1 - e^{-0.349(t+0.256)})^{3.10865}$$

将生长方程对 t 求一阶导数,得到体长、体重的生长速度方程分别为:

$$dL_t/dt = 261.715e^{-0.349(t+0.256)}$$

$$dW_t/dt = 14\ 642.5e^{-0.349(t+0.256)}(1 - e^{-0.349(t+0.256)})^{2.10865}$$

将生长方程对 t 求二阶导数,得到体长、体重的生长加速度方程分别为:

$$d^2L_t/d^2t = -91.3386e^{-0.349(t+0.256)}$$

$$d^2W_t/d^2t = 5\ 110.232e^{-0.349(t+0.256)}(1 - e^{-0.349(t+0.256)})^{1.10865}(3.10865e^{-0.349(t+0.256)} - 1)$$

根据上述 4 个方程,分别做出体长和体重生长速度、生长加速度曲线(图 9、图 10)。结果显示,生长速度随着年龄增大呈递减趋势,趋向于 0。体长生长加速度逐渐递增,其值一直小于 0。

体重生长速度呈先升后降的特点,当达到最大值时,为生长拐点,拐点年龄 $t_i = (\ln 3.10865/0.349) - 0.256 = 2.994$ 龄,与拐点处对应的体长和体重分别为: $L_t = 508.67 \text{ mm}$, $W_t = 4\ 038.7 \text{ g}$ 。

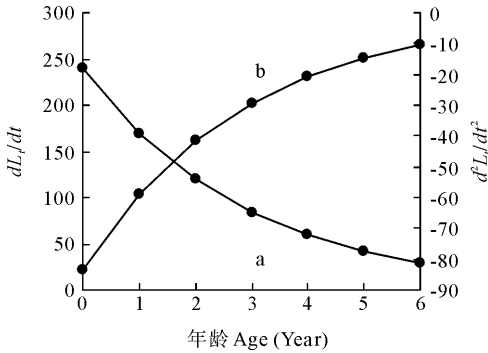


图 9 黄鮟鱇体长生长速度(a)和加速度曲线(b)
Fig. 9 Body length growth rate (a) and accelerated growth rate(b) of *L. litulon*

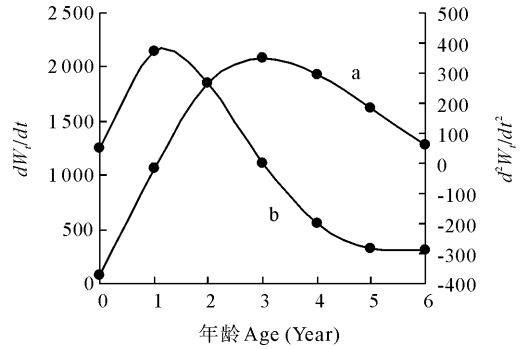


图 10 黄鮟鱇体重生长速度(a)和加速度曲线(b)
Fig. 10 Body weight growth rate (a) and accelerated growth rate(b) of *L. litulon*

3 讨论

3.1 年轮形成时间

鱼类在一年四季中生长速率的不均衡性,可以体现在钙化组织上,这是年轮在耳石、脊椎骨等年龄材料上形成的基础。年轮的形成与水温及食饵条件的变化密切相关,也受光周期等因素的影响,但绝不能把年轮单纯看作是营养受阻或不利的温度条件所引起的新陈代谢和生长减慢的结果。它的形成以出现窄带为标志,为缓慢生长期,而宽带的形成可归为快速生长期(殷名称 1995),黄鮟鱇耳石边缘不透明带出现比例的月变化(图 8)表明,年轮每年形成 1 次,主要集中在 12 月至翌年 2 月。日本学者 Michio 等(2001)利用脊椎骨为年龄鉴定材料对东海黑鮟鱇的研究表明,其年轮也是 1 年形成 1 次,主要形成时间为 11~12 月,说明鮟鱇科两种鮟鱇鱼的年轮形成时间比较接近。东、黄海黄鮟鱇的产卵期集中在 1~3 月(Michio *et al.* 2001),年轮主要形成时间在 12 月至翌年 2 月,由此可见,黄鮟鱇孵化后形成 1~5 轮的时间基本与其产卵期吻合,因此无需对生长参数 t_0 修正就可以根据黄鮟鱇的年龄鉴定推算的体长来直接拟合 VBGF 生长方程,生长速度和加速度曲线能反映其生长规律。

3.2 黄鮟鱇的年龄特征和生长特性

从年龄组成看出,黄鮟鱇种群以2龄以下的低龄鱼为主,占总数的95.3%,3龄以上占4.7%,反映了种群低龄化的资源现状。这可能是渔业选择性的结果,即捕捞总是倾向于选择生长快的个体。年龄组成的年间变化表现出1龄鱼比例逐年增大的趋势,2龄及2龄以上的比例呈逐年减少趋势,其主要原因可能为人类高强度捕捞对其影响所致。

黄鮟鱇最大体长为650 mm,体重为691.5 g。从生长规律看,体长随年龄的增大,逐渐趋于 L_{∞} ,生长速度不断递减,最后趋近于0;生长加速度却逐渐上升,但为负值。体长生长速度和加速度都不具有拐点。体重生长拐点为2.99龄,此前处于生长快速期,其后生长速度下降,至5~6龄,体重生长加速度降至最低点,个体进入衰老期。

3.3 黄鮟鱇的保护和合理利用

渔业上常把拐点年龄鱼体大小视为可捕规格。许多鱼类的拐点年龄与性成熟年龄一致,有些鱼类拐点年龄滞后于性成熟年龄(Lee 1920),性成熟的黄鮟鱇体长为362 mm (Michio *et al.* 2001),为1~2龄,其拐点年龄(2.99龄)高于性成熟年龄。为了科学利用黄鮟鱇资源,应限制网目尺寸,禁止捕捞3龄及以下个体,从而达到资源的可持续利用。

3.4 加强黄鮟鱇生物学的研究

根据近几年的渔业监测,仅浙江省在东海北部、黄海南部的黄鮟鱇年产量就达 1×10^4 t以上,这说明其资源量较大。渔业生物学研究是评价资源的基础性工作,目前对黄鮟鱇生物学的研究报道较少,国外仅见日本学者对20世纪90年代初黄鮟鱇的生殖特性、分布等进行过研究(Michio *et al.* 2001),国内除了林龙山等(2004)简要阐述了黄鮟鱇的资源状况外,其他相关报道只涉及种群形态和食品营养、加工方面的描述(姬广磊等 2007;张虹等 2008、2009;谢超 2006)。为此,今后还需要加强对其生物学尤其是繁殖生物学和摄食生态学等方面的研究,从而促进黄鮟鱇资源的可持续利用。

致谢:浙江省海洋水产研究所张亚洲、张洪亮、林显鹏等在样品采集和实验过程中给予了大力帮助,在此谨致诚挚谢意。

参 考 文 献

- 张虹,廖文娟. 2009. 鮟鱇鱼皮硫酸皮肤素的提取. 食品与发酵工业, 2: 66~171
- 张虹,廖文娟,戴志远. 2008. 鮟鱇鱼皮硫酸皮肤素的二糖组成及结构研究. 中国食品学报, 6: 133~141
- 苏锦祥,李春生. 2002. 中国动物志硬骨鱼纲鲈形目、海蛾鱼目、喉盘鱼目、鮟鱇目. 北京:科学出版社, 350
- 林龙山,郑元甲. 2004. 东海区黄鮟鱇资源状况的初步探讨. 海洋渔业, 26(3): 179~183
- 费鸿年,张诗全. 1990. 水产资源学. 北京:中国科学技术出版社
- 姬广磊,高天翔,柳本卓. 2007. 黄海和日本海黄鮟鱇的形态和同工酶差异. 海洋水产研究, 28(3): 73~79
- 殷名称. 1995. 鱼类生态学. 北京:中国农业出版社, 116~151
- 谢超. 2006. 几种蛋白酶对鮟鱇鱼骨中生物活性钙富集的比较分析. 四川食品与发酵, 3: 38~40
- 詹秉义. 1993. 渔业资源评估. 北京:中国农业出版社, 312
- Landa, J., Duarte, R., and Quincoes, I. 2008. Growth of white anglerfish (*Lophius piscatorius*) tagged in the northeast Atlantic and review of age validation studies. ICES J. Marine Science, 65(1): 72~79
- Lee, R. M. 1920. A review of the methods of age and growth determination by means of scales. Series II, Fishery Invest. Lond. 4(2): 32
- Michio, Y., Mumeharu, T., Hitoshi, F. *et al.* 1998. Age and growth of the anglerfish *Lophiomus setigerus* in the East China Sea. Fisheries Science, 64(3): 379~384
- Michio, Y., Mumeharu, T., Hitoshi, F. *et al.* 2001. Reproductive cycle fecundity, and seasonal distribution of the anglerfish *Lophius litulon* in the East China and Yellow Sea. Fish. Bull. 99: 356~370
- Crozier, W. W. 1989. Age and growth of angler-fish (*Lophius piscatorius*) in the north Irish Sea. Fisheries Research, 7(3): 267~278