

文章编号:1000-0615(2007)01-0023-08

大西洋西部大眼金枪鱼摄食生态的初步研究

朱国平, 周应祺, 许柳雄, 姜文新

(上海水产大学海洋学院, 上海 200090)

摘要:根据 2004 年 8 月 - 2005 年 3 月在大西洋西部延绳钓作业捕获的大眼金枪鱼数据, 对其摄食生态进行了初步研究。结果表明, 大西洋西部水域大眼金枪鱼主要摄食沙丁鱼、鱿鱼、虾类、乌鲂、帆蜥鱼等 13 种饵料类群, 其中沙丁鱼为主要饵料。平均饱满指数和空胃率都有明显的月份变化。食物组成也有明显的月份变化, 沙丁鱼是大眼金枪鱼的各月份主要饵料鱼种 (平均为 55.77%), 其次是鱿鱼。当体长小于 100 cm 时, 随着体长增加, 空胃率呈下降趋势; 当体长大于 100 cm 时, 随着体长的增加, 空胃率变化不大。当体长小于 140 cm 时, 平均饱满指数变化较大, 当体长大于 140 cm 时, 平均饱满指数变化相对较小。各体长组大眼金枪鱼胃含物中沙丁鱼重量百分比基本上都在 50% 以上。饵料生物的生态位宽度没有明显的月份变化趋势, 各月份的生态位宽度基本上维持在 1.6 左右。体长组 80 ~ 90 cm 时的生态位宽度较小; 当体长在 90 ~ 160 cm 之间时, 生态位宽度没有明显的变化; 当体长大于 160 cm 时, 随着体长的增加, 生态位宽度基本上呈下降趋势。

关键词:大西洋西部; 大眼金枪鱼; 摄食生态; 叉长; Shannon-Weiner 多样性指标

中图分类号: S 931.1

文献标识码: A

Feeding ecology of *Thunnus obesus* in the western Atlantic Ocean

ZHU Guo-ping, ZHOU Ying-qi, XU Liu-xiong, JIANG Wen-xin

(College of Marine Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: Observation on feeding ecology was conducted based on the data of *Thunnus obesus* captured by tuna longline fishery in the western Atlantic Ocean from August, 2004 to March, 2005. The food items in stomach content of *Thunnus obesus* consist of *Sardina pilchardus*, *Loligo pealei*, *Penaeus japonicus*, *Brama brama*, *Alepisaurus ferox*, etc. However, these have a significant monthly variation, *Sardina pilchardus* is the majority of prey (mean = 55.77%) in each month and followed by *Loligo pealei*. The significant monthly variation of mean stomach fullness and percentage of *Thunnus obesus* with empty stomach have been observed. In the group of their fork lengths (FLs) less than 100 cm, the percentage of empty stomach is decreasing with the FL increasing; when their FLs fall into 100 - 150 cm, the percentage of empty stomach is increasing sluggishly; and when their FLs greater than 150 cm, the percentage of empty stomach shows an insignificant variation, mean stomach fullness has a decreasing trend with the FL increasing. Mean stomach fullness has a decreasing trend basically with the increasing of FLs, and monthly mean stomach

收稿日期: 2005-09-07

资助项目: 上海市重点学科资助项目 (T1101); 农业部渔业局渔业观察员项目 (上海水产大学科 03-133)

作者简介: 朱国平 (1976 -), 男, 安徽池州人, 博士研究生, 主要从事金枪鱼渔业开发, 渔业 GIS 应用及渔业资源评估研究。Tel: 021 - 65710964, E-mail: gpzhu@stmail.shfu.edu.cn

通讯作者: 周应祺, E-mail: yqzhou@shfu.edu.cn

fullness varies unremarkably and mostly remain to 0.35 – 0.40. Percentage weight of *Sardina pilchardus* in major prey groups of each FL class of *Thunnus obesus* is kept on the level of 50% and more. Monthly Shannon-Weiner diversity index H' of *Thunnus obesus* has an insignificant variation and maintains on the index H' level of 1.6. The index H' is quite stable at the FL in 90 – 160 cm, and decreasing if the FL is longer than 160 cm.

Key words: western Atlantic Ocean; *Thunnus obesus*; feeding ecology; fork length; Shannon-Weiner diversity index H'

鱼类摄食生态研究是判断鱼类生长状况、了解鱼类行动规律、洄游和分布、种间关系以及数量变动等方面的重要方法之一,也是渔业生物学研究的基础课题之一^[1-2],有助于确定被研究的鱼种在海洋生态系统中的功能和地位^[3-5]。大西洋大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)广泛分布于 50°N ~ 45°S 的整个大西洋水域,摄食对象包括鱼类、头足类和甲壳类等^[6]。国外一些学者对大西洋大眼金枪鱼的摄食生态进行了研究^[7-12],但国内学者有关大眼金枪鱼的摄食生态研究报告很少,宋利明等对大西洋中部大眼金枪鱼的摄食作了初步描述^[13]。本文利用 2004 年 9 月至 2005 年 3 月在大西洋调查所获得的数据,对大西洋西部大眼金枪鱼摄食生态进行了初步分析,旨在为深入了解大西洋西部大眼金枪鱼的生物学特性,以及相关的摄食生态、变动提供基础资料,为大西洋金枪鱼管理组织(如 ICCAT)提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 样品收集

样品于 2004 年 9 月至 2005 年 3 月取自大西洋西部海域(18°30'W, 09°35'N ~ 39°12'W, 05°46'S)(图 1)。调查船为中国水产总公司所属金丰金枪鱼渔业有限公司的“丰顺 3 号”和“顺昌 1 号”。调查期间,共测量 780 尾大眼金枪鱼,其中雌性 315 尾(空胃 108 尾),雄性 465 尾(空胃 65 尾)。样品的体长(下颌尾叉长)范围为 85 ~ 206 cm,其中雄性体长范围为 85 ~ 206 cm,雌性体长范围为 90 ~ 189 cm,测量精度为 1 cm。样品的体重(全重)范围为 12 ~ 128 kg,其中雄性体重范围为 15 ~ 128 kg,雌性体重范围为 12 ~ 128 kg,测量精度为 1 kg。限于现场条件,胃含物分析通过肉眼并参照文献[14-15]进行识别,并尽量鉴定到最低分类单元。

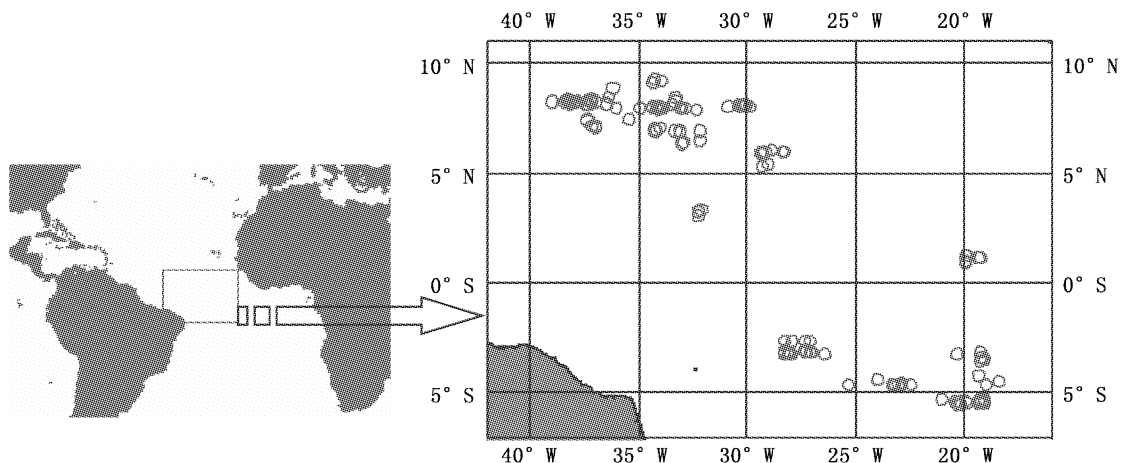


图 1 取样位置(18°30'W, 09°35'N ~ 39°12'W, 05°46'S)

Fig. 1 Sampling locations (18°30'W, 09°35'N – 39°12'W, 05°46'S)

1.2 数据处理

用于评价饵料重要性的指标包括:重量百分

比($W\%$)、个数百分比($N\%$)、出现频次($F\%$)^[16]和相对重要性指标(IRI),其计算公式如下:

重量百分比(%) =

$$\frac{\text{某种饵料生物的重量}}{\text{所有饵料生物的总重量}} \times 100 \quad (1)$$

个数百分比(%) =

$$\frac{\text{某种饵料生物的个数}}{\text{所有饵料生物的总个数}} \times 100 \quad (2)$$

出现频次(%) =

$$\frac{\text{某种饵料生物出现的频次}}{\text{有食物的胃的个数}} \times 100 \quad (3)$$

出现频次百分比组成(%) =

$$\frac{\text{某成分的出现频次}}{\text{各成分出现频率的总和}} \times 100 \quad (4)$$

$$IRI = (\text{重量百分比} + \text{个数百分比}) \times \text{出现频次} \times 10^4 \quad (5)$$

$$IRI(\%) = \frac{IRI \times 100}{\sum IRI} \quad (6)$$

由于鱼类食物重量与鱼体体长之间有较好的相关性^[17],因此利用饱满指数这个指标反映鱼类的摄食情况。但 Cortés^[18]指出,仅用饱满指数不能准确地反映出鱼类摄食强度的变化情况。因此,本文在研究大眼金枪鱼摄食强度的变化情况时,采用了饱满指数和空胃率两个指标,其计算公式如下:

$$\text{饱满指数} = \frac{\text{食物团实际重量(g)}}{\text{鱼体体重(kg)}} \times 100 \quad (7)$$

$$\text{空胃率}(\%) = \frac{\text{空胃数}}{\text{总胃数}} \times 100 \quad (8)$$

在分析大眼金枪鱼摄食的体长数据时,以 10 cm 为间隔,将其划分成 14 个体长组。各体长组的食物生态位宽度用 Shannon-Wiener 多样性指数 H' ^[19] 进行分析。计算公式如下:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \cdot \ln P_i \quad (9)$$

式中: s 为饵料生物种数, P_i 为饵料生物在食物中所占的个数百分比。因为指数 H' 对于稀有饵料很敏感,适合用于描述鱼类总的食物生态位宽度^[20]。

本研究使用的统计软件为 SPSS 13.0,该软件具有较强的统计功能,在许多领域有着非常广泛的应用。

2 结果

2.1 食物组成

数据处理结果表明,大西洋西部水域的大眼金枪鱼主要摄食种类有:沙丁鱼、鱿鱼、虾类、乌鲂、帆蜥鱼、鲱鳅、鲑鱼、秋刀鱼、乌贼、飞鱼、海蜘蛛、七星鱼及杂鱼 13 种饵料类群,其中杂鱼包括未辨认鱼类或其他种群,见表 1。由表 1 可以看出,大西洋西部大眼金枪鱼主要以沙丁鱼为饵料($IRI = 72.78\%$),其次为鱿鱼($IRI = 11.47\%$),帆蜥鱼也有一定的比例($IRI = 8.93\%$)。

表 1 大西洋西部大眼金枪鱼的食物组成

Tab. 1 The species fed by *Thunnus obesus* in the western Atlantic Ocean

饵料种类 prey items	重量百分比(%) W	个数百分比(%) N	出现频次(%) F	相对重要性指标(%) IRI
沙丁鱼 <i>Sardina pilchardus</i>	56.98	37.59	81.95	72.78
鱿鱼 <i>Loligo pealei</i>	11.70	18.53	40.40	11.47
帆蜥鱼 <i>Alepisaurus ferrox</i>	12.45	15.57	33.94	8.93
乌鲂 <i>Brama brama</i>	7.48	9.26	20.20	3.18
杂鱼 other fishes	5.33	7.90	17.22	2.14
日本对虾 <i>Penaeus japonicus</i>	2.43	6.91	15.07	1.32
乌贼 <i>Sepia officinalis</i>	1.65	2.35	5.13	0.15
鲑鱼 <i>Scomber japonicus</i>	1.31	0.46	0.99	0.02
海蜘蛛 <i>Pycnogonids</i>	0.28	0.76	1.66	0.02
七星鱼 <i>Scomberomorus sinensis</i>	0.14	0.30	0.66	+
飞鱼 <i>Exocoetus volitans</i>	0.18	0.23	0.55	+
鲱鳅 <i>Coryphaena hippurus</i>	0.04	0.08	0.17	+
秋刀鱼 <i>Cololabis saira</i>	0.03	0.08	0.17	+

注:“+”表示 <0.01%

Notes: “+” indicates <0.01%

2.2 摄食强度和食物组成的月份变化

大眼金枪鱼的平均饱满指数和空胃率都有明显的月份变化,尤其是平均饱满指数(图2)。空胃率从8月份开始增加,至12月份达到峰值,然后又逐步下降,各月份之间变化较为明显($\chi^2 = 21.54, P < 0.001$)。但除9月份以外,各月份的平均饱满指数波动不太,基本上维持在0.35~0.40之间($\chi^2 = 6.17, P < 0.001$)。

大眼金枪鱼的食物组成随月份有明显变化。由重量百分比(表2)的数据显示沙丁鱼是大眼金枪鱼的主要饵料鱼种,以9月份达到最高(占

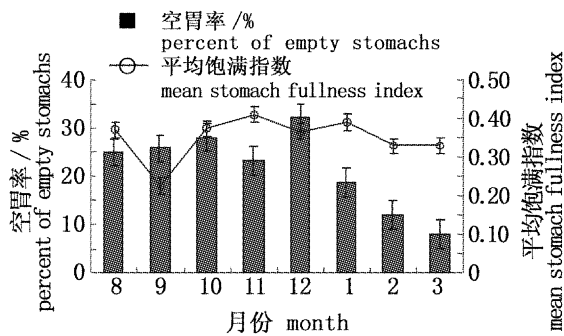


图2 大西洋西部大眼金枪鱼各月份的平均饱满指数和空胃率(竖线表示标准误差)

Fig. 2 Monthly mean stomachs fullness index and percent of empty stomachs of *Thunnus obesus* in the western Atlantic Ocean (Vertical bars indicate S. E.)

68.22%),平均为55.77%,其次是鱿鱼、帆蜥鱼、乌鲂以及虾类。

2.3 摄食强度和食物组成的体长变化

当体长小于100 cm时,随着体长组的增加,空胃率呈急剧下降趋势(图3);当体长在100~150 cm时,随着体长的增加,基本上呈现平缓的上升趋势;当体长大于150 cm时,空胃率随体长变化趋势不明显($\chi^2 = 23.53, P > 0.001$)。但是,当体长大于100 cm时,平均饱满指数随着体长的增加而基本呈下降趋势,且随着体长的增加,变化的趋势趋于平缓($\chi^2 = 13.00, P > 0.001$)。

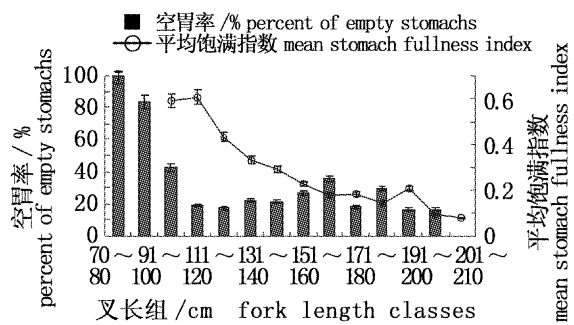


图3 大西洋西部大眼金枪鱼各体长的平均饱满指数和空胃率(竖线表示标准误差)

Fig. 3 Mean stomachs fullness index and percent of empty stomachs for each fork length class of *Thunnus obesus* in the western Atlantic Ocean (Vertical bars indicate S. E.)

表2 大眼金枪鱼主要饵料类群重量百分比的月份变化
Fig. 2 Monthly variation in the percentage weight for major prey groups to the diets of *Thunnus obesus* in the western Atlantic Ocean

饵料种类 prey items	采样月份 sampling months								%
	8	9	10	11	12	1	2	3	
沙丁鱼 <i>Sardina pilchardus</i>	45.24	68.22	59.88	47.70	56.40	58.74	62.23	47.74	
鱿鱼 <i>Loligo pealei</i>	14.29	11.14	9.48	14.26	10.30	11.04	7.69	17.70	
秋刀鱼 <i>Cololabis saira</i>	+	+	+	+	+	+	0.67	+	
乌鲂 <i>Brama brama</i>	16.02	1.13	9.42	7.98	7.27	8.38	5.01	11.73	
乌贼 <i>Sepia officinalis</i>	7.36	2.34	1.55	2.70	0.33	0.40	0.67	+	
帆蜥 <i>Alepisaurus ferox</i>	14.07	2.94	5.36	17.36	16.81	18.05	20.72	17.70	
飞鱼 <i>Exocoetus volitans</i>	+	+	+	+	0.33	0.48	+	1.03	
海蜘蛛 <i>Pycnogonids</i>	+	+	0.58	0.70	+	+	+	+	
七星鱼 <i>Scomberomorus sinensis</i>	+	+	+	+	+	+	0.33	2.06	
鲱鳅 <i>Coryphaena hippurus</i>	+	0.23	+	+	+	+	+	+	
鲈鱼 <i>Scomber japonicus</i>	+	+	+	4.27	3.36	+	+	+	
日本对虾 <i>Penaeus japonicus</i>	2.16	2.07	3.76	2.40	2.82	1.45	0.33	2.06	
杂鱼 other fishes	0.87	11.93	9.97	2.63	2.39	1.45	2.34	+	

注:“+”表示 <0.01%
Notes:“+”indicates <0.01%

表 3 大眼金枪鱼主要饵料类群重量百分比随叉长的变化
 Tab. 3 Variation in the percentage weight for major prey groups to the diets
 of each fork length class of *Thunnus obesus* in the western Atlantic Ocean

饵料种类 prey items	叉长组 (cm) fork length classes											
	91 ~ 100	101 ~ 110	111 ~ 120	121 ~ 130	131 ~ 140	141 ~ 150	151 ~ 160	161 ~ 170	171 ~ 180	181 ~ 190	191 ~ 200	201 ~ 210
沙丁鱼 <i>Sardina pilchardus</i>	56.0	60.9	55.4	56.6	58.2	55.4	43.6	75.7	58.9	60.3	51.2	55.3
鱿鱼 <i>Loligo pealei</i>	10.5	11.0	11.7	10.8	14.5	11.6	15.4	6.2	9.7	15.6	15.5	13.2
秋刀鱼 <i>Cololabis saira</i>	+	+	+	0.1	+	+	+	+	+	+	+	+
乌鲂 <i>Brama brama</i>	14.3	5.0	3.6	8.6	3.6	9.6	14.2	4.0	7.7	6.7	3.1	+
乌贼 <i>Sepia officinalis</i>	1.7	0.2	2.6	0.5	2.4	1.6	2.7	3.6	2.6	+	1.6	+
帆蜥 <i>Alepisaurus ferox</i>	9.9	14.5	13.6	13.5	11.9	12.4	11.4	5.0	16.3	8.4	17.1	7.9
飞鱼 <i>Exocoetus volitans</i>	+	0.3	0.4	+	+	+	1.4	+	+	+	+	+
海蜘蛛 <i>Pycnogonids</i>	+	+	0.3	0.2	0.6	0.7	+	+	+	+	+	+
七星鱼 <i>Scomberomorus sinensis</i>	+	0.5	+	0.2	+	+	+	+	+	+	+	+
麒麟 <i>Coryphaena hippurus</i>	+	+	+	+	+	0.2	+	+	+	+	+	+
鲈鱼 <i>Scomber japonicus</i>	+	+	1.3	1.1	1.3	2.8	4.8	+	+	+	+	+
日本对虾 <i>Penaeus japonicus</i>	1.4	2.5	3.1	2.6	2.7	2.4	1.3	1.8	0.3	5.6	11.6	+
杂鱼 other fishes	6.2	5.2	8.0	5.7	4.9	3.5	5.1	3.8	4.4	3.4	+	23.7

注:“+”表示 <0.01%

Notes: “+” indicates <0.01%

大眼金枪鱼的食物组成以沙丁鱼和鱿鱼为主,其中各体长组沙丁鱼重量百分比基本上都在 50% 以上,其次是鱿鱼,各叉长组鱿鱼百分比大部分都在 10% ~ 15%,帆蜥鱼、乌鲂以及虾类在大眼金枪鱼的食物中也占有一定的比重。

2.4 饵料食物的生态位宽度

大西洋西部大眼金枪鱼的饵料食物的生态位宽度并没有明显的月份变化趋势,各月份的生态位宽度基本上维持在 1.6 左右(图 4)。图 5 显示了生态位宽度随体长组的变化 ($F = 3.59, P > 0.05$),体长组 80 ~ 90 cm 时的生态位宽度较小;当体长在 90 ~ 160 cm 之间时,生态位宽度没有明显的变化;当体长大于 160 cm 时,随着体长的增加,生态位宽度基本上呈下降趋势。

3 讨论

3.1 食物组成及食性类型

通常情况下,研究者利用饵料生物的生态类群的出现频次百分比组成来划分鱼类的食性类型,但并没有给出严格的划分标准^[21]。本研究采用一般多数原则,以出现百分比组成的 60% 为标准,即饵料生物的出现频次百分比组成超过 60% 即为主要的摄食对象。由表 4 可知,大西洋西部大眼金枪鱼的主要摄食对象为鱼类(占 63.57%)。大西洋大眼金枪鱼以沙丁鱼、鲭科鱼类、甲壳类和头足类为食饵^[22],Keisuke Satoh^[12]根据 SHOYO-MARU 号调查船 2002 年在大西洋

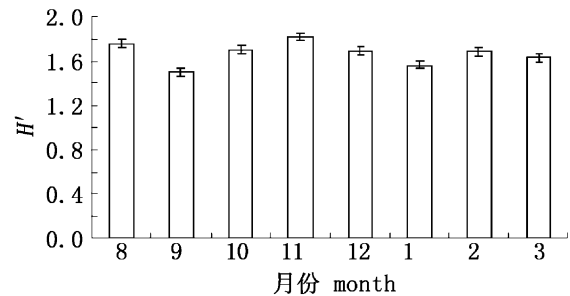


图 4 大西洋西部大眼金枪鱼各月份的 Shannon-Weiner 多样性指数(竖线表示标准误差)

Fig. 4 Monthly Shannon-Weiner diversity index H' of *Thunnus obesus* in the western Atlantic Ocean (Vertical bars indicate S. E.)

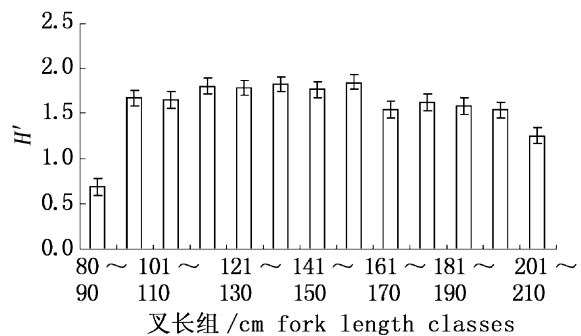


图 5 大西洋西部大眼金枪鱼各叉长组的 Shannon-Weiner 多样性指数(竖线表示标准误差)

Fig. 5 Shannon-Weiner diversity index H' calculated for each fork length classes of *Thunnus obesus* in the western Atlantic Ocean (Vertical bars indicate S. E.)

的调查结果得出,大西洋大眼金枪鱼的饵料生物以鱼类为主($IRI = 68.5\%$),其次是头足类($IRI = 23.1\%$)和甲壳类($IRI = 8.2\%$)。宋利明等^[13]利用大西洋中部水域金枪鱼延绳钓所捕大眼金枪鱼数据得出,杂鱼和头足类出现频率最高,分别占38.05%和30.48%,其次是沙丁鱼类和虾类,分别占19.32%和11.75%,而其它甲壳类仅占0.40%。将其结果作简单归类,可知大西洋中部水域大眼金枪鱼饵料生物主要以鱼类、头足类和甲壳类。本研究所得结论与上述研究结论较为相似,饵料重要性依次为鱼类($IRI = 84.9\%$)、头足类($IRI = 11.6\%$)和甲壳类($IRI = 1.4\%$)(表1)。

3.2 摄食的月变化

Frédéric 等对大眼金枪鱼摄食日变化进行了研究^[11],但大眼金枪鱼摄食随月份变化到目前为止还未曾有报道。鱼类食性随月份变化,或在更长时间段以及季节性变化反映了鱼体代谢强度、摄食行为,同时反映了水域环境中饵料生物的月变化或季节变化,是鱼类对环境的适应性的行为,这种变化是一种极为常见的现象。本研究中,各

月份大眼金枪鱼的空胃率及平均饱满指数波动均较大。除环境因子及调查数据限制以外,饵料生物的分布及其变化也是一个非常重要的影响因子。但本研究并没有对大眼金枪鱼的摄食强度进行分级,仅仅以空胃率指标表达了大眼金枪鱼摄食的月变化,这一点还需要作进一步的补充。

3.3 摄食随体长的变化

随着鱼类的生长发育,体长增大,口器逐渐发育完善,摄食饵料生物的种类和个数大小也会随之而发生变化。鱼类的食性发生体长变化,意味着其摄食饵料生物的范围扩大、数量增加,这对于鱼类的生存和繁殖后代都有积极的意义^[2]。本研究中,体长 <100 cm时,空胃率波动较大;体长 >100 cm时,空胃率较低,且变化幅度不大,从生物学角度来看,可能是幼鱼的摄食能力较成鱼差,因此产生空胃的几率要大于成鱼(图3)。这一点也可以从平均饱满指数变化中得到反映,如随着体长的增加,平均饱满指数变化趋向相对较为平稳的状态(图3)。

表4 大西洋西部大眼金枪鱼食物的生态类群(出现频次百分比组成)

饵料种类 prey items	出现频次百分比组成 percentage of frequency	生态类群 ecological group
沙丁鱼 <i>Sardina pilchardus</i>	37.59	鱼类 pisces
鱿鱼 <i>Loligo pealei</i>	18.53	头足类 cephalopods
帆蜥 <i>Alepisaurus ferox</i> Lowe	15.57	鱼类 pisces
乌鲂 <i>Brama brama</i>	9.26	鱼类 pisces
杂鱼 other fishes	7.90	未辨认 unidentified
日本对虾 <i>Penaeus japonicus</i>	6.91	甲壳类 crustacean
乌贼 <i>Sepia officinalis</i> Linnaeus	2.35	头足类 cephalopods
鲈鱼 <i>Scomber japonicus</i>	0.46	鱼类 pisces
海蜘蛛 <i>Pycnogonids</i>	0.76	甲壳类 crustacean
七星鱼 <i>Scomberomorus sinensis</i>	0.30	鱼类 pisces
飞鱼 <i>Exocoetus volitans</i> Linnaeus	0.23	鱼类 pisces
麒麟 <i>Coryphaena hippurus</i>	0.08	鱼类 pisces
秋刀鱼 <i>Cololabis saira</i>	0.08	鱼类 pisces

3.4 摄食生态学研究的重要性

由于金枪鱼在大洋性生态系统中处在较高的营养级(图6),因此大眼金枪鱼摄食生态学的研究对大洋性生态系统研究有着非常重要的意义。本研究是初步对有关现象进行观察分析,但由于受到生产性渔船的现场条件限制,收集生物学资料进行现场测量、解剖分析、饵料生物的分类鉴定等更是不易,特别是胃含物部分或完全消化的因

难较大^[10],但这方面的研究工作仍然在继续进行,而且范围也扩大到大西洋的其他海区,甚至其它大洋,随着研究工作的进一步深入,大眼金枪鱼的摄食生态学研究也必将获得更多的信息和结论。另外,研究表明,饵料生物鉴定达至最低分类单元,对于理解饵料生物与捕食者(大眼金枪鱼)之间的相互关系非常重要,因此,进一步改善生物学资料的收集条件,深入研究大眼金枪鱼与微型

游泳生物等之间的关系等,将对了解大眼金枪鱼的摄食生态有着极其重要的作用。

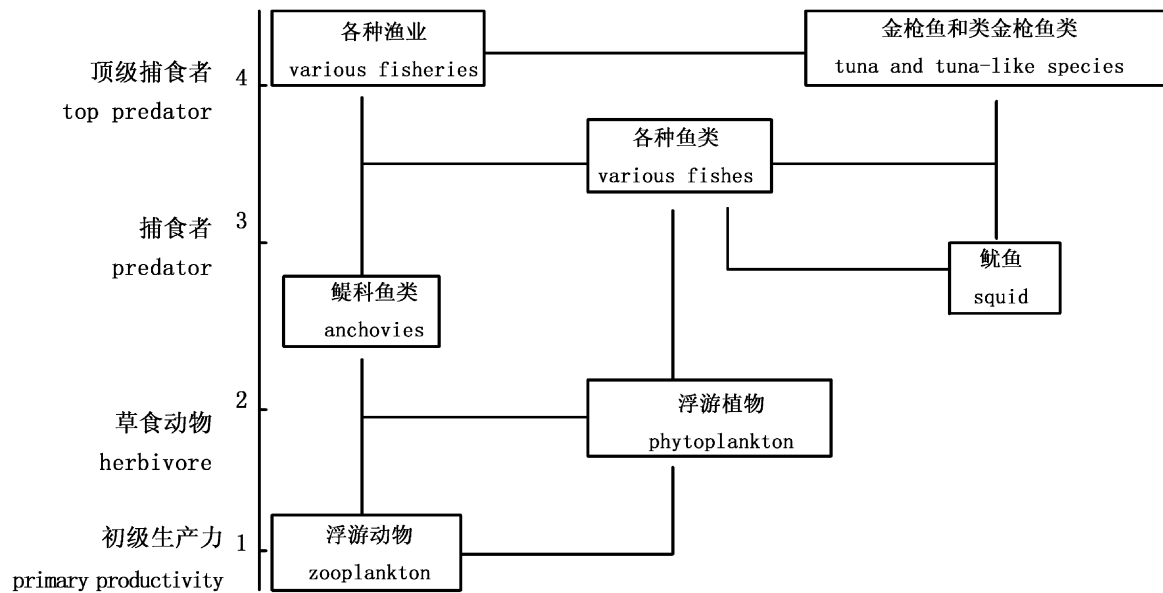


图6 金枪鱼类在大洋性生态系统中的营养级地位示意图

Fig. 6 Schematic map of trophic level of tuna species in the oceanic ecosystem

感谢中国水产总公司下属金丰金枪鱼渔业有限公司所属的“丰顺3号”和“顺昌1号”全体船员。

参考文献:

- [1] 洪惠馨,秦忆芹,陈莲芳,等. 黄海南部、东海北部小黄鱼摄食习性的初步研究[C]. 海洋渔业资源论文选集. 北京:中国农业出版社,1962:45-47.
- [2] 陈大刚. 渔业资源生物学[M]. 北京:中国农业出版社,1997:80-100.
- [3] Amundsen P A, Gabler H M, Staldvik F J. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-modification for the Costello (1990) method [J]. Journal of Fish Biology,1996,48: 607-614.
- [4] Duarte L O, Garcia C B. Diet of the mutton snapper *Lutjanus analis* (Cuvier) from the Gulf of Salamanca, Colombia, Caribbean Sea[J]. Bulletin of Marine Science,1999,65(2):453-465.
- [5] Wootton R J. Ecology of teleost fishes [M]. London: Chapman & Hall,1990:33-41.
- [6] Anon. Report of the standing committee on research and statistics (SCRS) [R]. ICCAT Report, 2004-2005, (1):56-57.
- [7] Galkov V Z. Feeding intensity of bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Lowe), in the Atlantic Ocean [C]. Col Vol Sci Pap ICCAT,1984;20(1):175-179.
- [8] Galkov V Z, Fedoseev Y P. Comparison between the indices of stomach fullness of living and distressed specimens of bigeye tuna [C]. Col Vol Sci Pap ICCAT,1986;25:110-112.
- [9] Ménard F, Fonteneau A, Gaertner D, et al. Exploitation of small tunas by a purse-seine fishery with fish aggregating devices and their feeding ecology in an eastern tropical Atlantic ecosystem [J]. ICES Journal of Marine Science,2000,57:525-530.
- [10] Richard Sabatié, Michel Potier, Caroline Broudin, et al. Preliminary analysis of some pelagic fish diet in the Eastern Central Atlantic [C]. Col Vol Sci Pap ICCAT,2003;55(1):292-302.
- [11] Frédéric M, Bernard S, Alex R, et al. Food consumption of tuna in the Equatorial Atlantic Ocean: FAD-associated versus unassociated schools [J]. Aquat Living Resour,2000,13:233-240.
- [12] Keisuke S, Kotaro Y, Hirokazu S, et al. Preliminary stomach contents analysis of pelagic fishes collected by Shoyo-Maru 2002 research cruise in the Atlantic Ocean [C]. Col Vol Sci Pap ICCAT,2004;56(3):1096-1114.
- [13] 宋利明,陈新军,许柳雄. 大西洋中部金枪鱼延绳钓渔场大眼金枪鱼的生物学特性[J]. 水产学报,

- 2004,28(2):216-220.
- [14] 苏锦祥. 鱼类学与海水鱼类养殖[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995:123-252.
- [15] 孟庆闻, 苏锦祥, 缪学祖. 鱼类分类学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995:130-180.
- [16] Hyslop E J. Stomach contents analysis- a review of methods and their application[J]. Journal of Fish Biology, 1980, 17:411-429.
- [17] de Vlaming V, Grossman G D, Chapman F. On the use of the gonadosomatic index[J]. Comp Biochem Physiol, 1982, 73:31-41.
- [18] Cortés E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 1997, 54: 729-738.
- [19] Krebs C J. Ecological methodology[M]. New York: Harper Collins Publishers, 1989:654.
- [20] Marshall S, Elliott M. A comparison of univariate and multi-variate numerical and graphical techniques for determining inter-and intraspecific feeding relationship in estuarine fish [J]. Journal of Fish Biology, 1997, 51:526-545.
- [21] 张其永, 林秋眠, 林允通, 等. 闽南-台湾浅滩渔场鱼类食物网研究[J]. 海洋学报, 1981, 3(2):275-290.
- [22] 苗振清, 黄锡昌. 远洋金枪鱼渔业[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003:24-28.

应使用汉字数字的场合

(1) 固定词语中作语素的数字。定型的词、词组、成语、惯用语、缩略语或具有修辞色彩的词语中用为语素的数字, 必须用汉字。例如: 二元一次方程, 六十四边形, “八六三”计划, “九五”攻关项目等。

(2) 相邻 2 个数字并列连用表示的概数。必须使用汉字数字, 且连用的 2 个数字之间不得加顿号“、”。如一两千米, 十二三公顷, 七八十岁。一定要注意区分 2 个数字并列连用不是表示概数而是表示确定数字的情形。例如“获一、二等奖的图书分别为 10 和 20 种”, “气温最高的月份是 6、7 月”。前者一二间应加“、”, 后者数字间除加“、”外, 还应使用阿拉伯数字。

(3) 带有“几”字的数字表示的概数。例如: 十几, 几百, 四百几十, 三千几百万。

(4) 中国及世界各国、各民族的非公历纪年。这类纪年不能与公历月日混用, 除中国干支纪年和农历月日外, 还应采用阿拉伯数字括注公历。例如: 戊寅年二月十三日, 正月十五元宵节, 九月九日重阳节, 腊月二十八日。

(5) 含有月日简称表示事件、节日和其他特定含义的词组中数字。如果涉及 1 月、11 月、12 月, 应采用间隔号“·”将表示月日的数字隔开, 并外加引号, 以避免歧义。涉及其他月份时, 不用“·”。是否用引号, 取决于事件的知名度, 知名度高的可不加引号。例如: “一·二八事变”, 五四运动, 九一八事变, 十一国庆节。