

东海区短鰐齿鱼摄食生态的初步研究

徐开达, 金海卫, 卢占晖, 潘国良, 朱增军

(浙江省海洋水产研究所, 浙江省海洋渔业资源可持续利用技术研究重点实验室, 农业部重点渔场渔业资源科学观测实验站, 浙江 舟山 316004)

摘要: 根据 2008 年 5 月~2009 年 2 月“东海区主要渔场重要渔业资源的调查与评估(26°00'~35°00'N, 120°00'~126°30'E)”课题调查的渔获样品, 对东海区短鰐齿鱼(*Champsodon snyderi*)的摄食生态进行了初步研究。结果表明: 东海区短鰐齿鱼属于浮游动物食性, 兼食游泳动物; 其主要饵料生物为太平洋磷虾(*Euphausia pacifica*)、细螯虾(*Leptochela gracilis*)、七星底灯鱼(*Benthosema pterotum*)和麦氏犀鳕(*Bregmaceros macclellandi*); 主要食物种类的优势度随体长段不同而变化, 食物种类分化明显, 符合“最佳摄食理论”; 短鰐齿鱼食物种类的季节替代明显, 更替率尤以春季为高, 达 100%, 其余三季相对接近; 不同区域出现的饵料生物的种类自北而南递增, 区域间食物种类的相似性系数均低于 50%, 表明短鰐齿鱼食物种类的区域差异明显, 其中又以北部与其他两区的差异最大; 短鰐齿鱼的年空胃率为 16.34%, 不同季节、区域和体长组的空胃率变动幅度也较小; 短鰐齿鱼的年平均胃饱满指数为 27.13%, 四季呈高低相间分布, 并以冬季最高春季最低; 平面分布与空胃率态势相同, 自北而南递增, 不同体长组的胃饱满指数差距甚小。

关键词: 东海区; 短鰐齿鱼(*Champsodon snyderi*); 摄食生态; 时空变化

中图分类号: S931

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)07-0079-10

短鰐齿鱼 *Champsodon snyderi* Franz 属鲈形目(Perciformes), 鰐齿鱼科(Champsodontidae), 鰐齿鱼属(*Champsodon*), 是一种暖水性底层小型鱼类。分布于印度尼西亚, 菲律宾, 中国的东海、南海及日本海域, 是东海区许多肉食性鱼类的优势食物种类之一, 在生态系统食物链的能量转换中起着承上启下的重要作用。过去, 由于其利用价值的低廉而普遍不被关注, 仅有少量报道介绍过短鰐齿鱼的数量分布以及资源状况等^[1-4], 对其食性的研究更是空白。

20 世纪后期以来, 随着东海区鱼类群落结构的变化, 小型鱼类在鱼类群落中地位逐渐升高, 尤其是短鰐齿鱼, 已成为东海鱼类群落中的主要优势种^[5-6]。而且短鰐齿鱼也是东海区某些大型经济鱼类最为主要的食物来源之一^[7-8]。基于其在东海鱼类群落以及食物网中日趋重要的地位与作用, 根据“东海区主要渔场重要渔业资源的调查与评估”课题调查的渔获样品, 对短鰐齿鱼的摄食生态进行研究, 以期了解目前东海区短鰐齿鱼的摄食对象以及不同因素对摄食活动的影响, 为今后研究短鰐齿鱼的生物学动态特征及东海区鱼类食物关系现状等提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料来源

本研究用材料采自 2008 年 5 月、8 月、11 月和 2009 年 2 月进行的东海区 4 个航次大面调查的双拖网和桁杆拖虾网的渔获样品。将调查海域分为 3 个区域: 北部水域(32°30'~35°00'), 中部水域(29°30'~32°30'), 南部水域(26°00'~29°30'), 调查区域详见图 1。共采集短鰐齿鱼样本 551 尾。

1.2 样本分布

体长为 30~107 mm, <50 mm: 145 尾, 51~60 mm: 169 尾, 61~70 mm: 117 尾, >70 mm: 120 尾, 平均体长 61.20 mm; 体质量为 0.31~16.00 g, 平均体质量 2.36 g; 区域分布为: 北部 34 尾、中部 270 尾、南

收稿日期: 2010-12-16; 修回日期: 2011-05-18

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2007BAD43B01); 浙江省科技厅计划公共服务资助项目(2009F20011, 2010F30001)

作者简介: 徐开达(1981-), 男, 浙江普陀人, 工程师, 硕士, 主要从事渔业资源与生态方面的研究, 电话: 0580-3013437, E-mail: xukaida@126.com; 金海卫, 通信作者, E-mail: jinhaiwei@yahoo.com.cn

部 247 尾; 季节分布为: 春季 88 尾、夏季 125 尾、秋季 141 尾和冬季 197 尾。

1.3 样本分析

样本经基本生物学测定后, 摘取消化道, 然后将摘取的消化道置于 8% 的福尔马林液中固定。胃含物分析时, 先用吸水纸吸去消化道表面水分, 在电子天秤上称出整个消化道质量。然后剥离消化道, 在电子天秤上称出去除食物后的消化道质量, 采用去皮法得出食物质量。在体视显微镜下鉴别饵料生物种类并分别计数, 对能称质量的食物进行称质量, 同时记录食物的消化程度。食物鉴别时, 尽量鉴定到最低分类阶元。摄食强度根据《海洋调查手册》规定^[9], 分为 5 级:

0 级——空胃;

1 级——胃内有少量食物, 其体积不超过胃腔的 1/2;

2 级——胃内食物较多, 其体积超过胃腔的 1/2;

3 级——胃内充满食物, 但胃臂不膨胀;

4 级——胃内充满食物, 胃臂膨胀变薄。

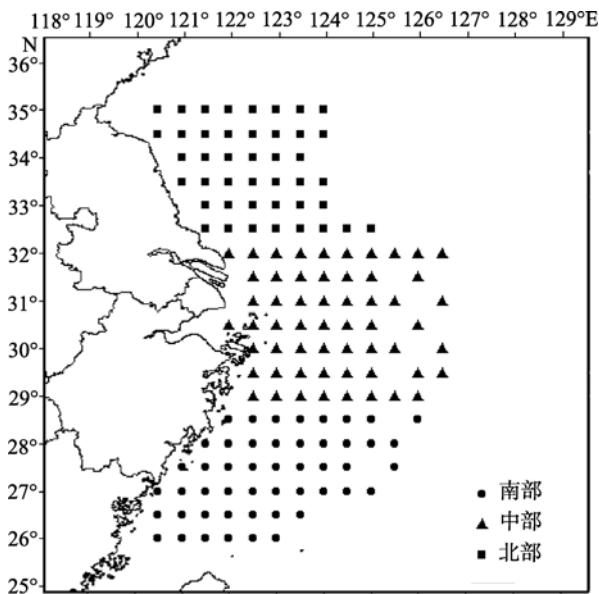


图 1 东海采样地点示意图

Fig. 1 Location of sampling stations in the East China Sea

1.4 数据处理

各食物成分的质量分数 $W(\%)$ 、个数百分比 $N(\%)$ 、出现频率 $F(\%)$ 、出现频率百分组成 $(\%)$ 、饱满指数 $(\%)$ ^[10]、空胃率 $(\%)$ 以及相对重要性指数 (IRI) ^[11]采用以下公式进行计算:

$$W(\%) = \frac{\text{该食物成分的实际(更正)质量}}{\text{食物团总质量}} \times 100$$

$$N(\%) = \frac{\text{该食物成分的个数}}{\text{食物团中所有生物的总个数}} \times 100$$

$$F(\%) = \frac{\text{含该食物成分的实胃数}}{\text{总胃数}} \times 100$$

$$\text{出现频率百分组成}(\%) = \frac{\text{该食物成分的出现次数}}{\text{各食物成分出现的总次数}} \times 100$$

$$\text{胃饱满指数}(\%) = \frac{\text{该食物团的实际重量}}{\text{样品的纯体质量}} \times 1000$$

$$\text{空胃率}(\%) = \frac{\text{空胃数}}{\text{总样品数}} \times 100$$

$$\text{相对重要性指数}(IRI) = (W + N)F$$

$$IRI \text{ 百分比}(\%) = (IRI / \sum IRI) \times 100$$

$$\text{种类增补率}(\%) = \frac{\text{新增种类数}}{\text{总种类数}} \times 100$$

$$\text{种类减少率}(\%) = \frac{\text{消失种类数}}{\text{总种类数}} \times 100$$

比

$$\text{种类替补率}(\%) = \frac{\text{种类增补率}(\%) + \text{种类减少率}(\%)}{2}$$

$$\text{相似系数} = \frac{c}{a + b - c}$$

式中: W 为各食物成分的质量百分比, N 为各食物成分的个数百分比, F 为出现频率; a 、 b 分别为样本中出现的种类数; c 为 a 、 b 两样本的共有种。

本研究在分析时应用了一些统计学的方法, 用单因素方差分析和卡方检验来分析短鳍尖吻鲈的食物类群、摄食等级、空胃率和平均饱满指数的季节、区域和不同体长组之间的变化。在作方差分析前先将数据进行对数变换, 经 Bartlett 检验变化后的数据是否满足方差齐性要求^[12]。

1.5 食物更正质量

由于食物中多数浮游生物质量难以用称量法正确称量, 作者对本研究中出现的难以正确称量的浮游生物按类分别进行质量表征。表征后质量见更正质量表(表 1)。

2 结果

2.1 食物种类

2.1.1 种类组成

东海区短鳍尖吻鲈摄食的食物, 至少有 14 大类 79 种。各种食物的质量百分比、个数百分比、出现频率和相对重要性指数如表 2 所示。

表 1 饵料生物的更正质量

Tab. 1 The correct weight of food organism

种类	更正质量(g/个)	种类	更正质量(g/个)
桡足类	0.0001~0.001	莹虾(<i>Lucifer</i> sp.)	0.005
泉蛭类	0.001~0.004	细螯虾(<i>Leptochela gracilis</i>)	0.04~0.10
其他蛭	0.01~0.04	高等虾类	0.35~3.01
钩虾(<i>Gammarus</i> sp.)	0.0075	长尾类仔虾	0.01
等足类	0.025~0.125	短尾类溞状幼体	0.005
介形类	0.0005~0.005	短尾类大眼幼体	0.0075~0.02
涟虫(<i>Leueon</i> sp.)	0.007	幼蟹	0.03~0.05
光背糠虾(<i>Erythrops minuta</i>)	0.05	阿利玛幼体(<i>Alima larvae</i>)	0.005~0.02
疣背糠虾(<i>Lophogaster pacificus</i>)	0.15	箭虫(<i>Sagitta</i> sp.)	0.002~0.01
其他糠虾	0.012	鱼卵	0.0005
磷虾(<i>Euphausia</i> sp.)	0.015	头足类幼体	0.1
毛虾(<i>Acetes</i> sp.)	0.05~0.15		

从表 2 可知,短鳍齿鱼食物种类中, *IRI* 值大于 10 的只有 7 种,超过 100 的仅太平洋磷虾(*Euphausia pacifica*)和细螯虾(*Leptochela gracilis*)两种。它们的 *IRI* 值分别为 1259.19 和 268.57, *IRI* 百分比值分别为 56.54%和 17.59%, 累计 74.13%。其中太平洋磷虾是最主要的食物种类,无论质量百分比、个数百分比和出现频率均远超于其他食物种类。

此外,鱼类中的七星底灯鱼(*Benthosema pterotum*)和麦氏犀鳕(*Bregmaceros macclellandi*)虽然 *IRI* 值较低(个数少、出现频率低),但是质量百分比分别达太平洋磷虾的 53.28%和 66.67%,接近或超过细螯虾。从营养学的角度衡量,也应属于重要食物种类。

2.1.2 时空分布

春季,短鳍齿鱼的食物中 *IRI* 值超过 100 的仅太平洋磷虾和细螯虾两种,它们的 *IRI* 百分比值分别为 35.29%和 28.90%;夏季短鳍齿鱼的食物中, *IRI* 值超过 100 的也仅太平洋磷虾和细螯虾两种,它们的 *IRI* 百分比值分别为 27.08%和 27.11%;秋季短鳍齿鱼的食物中, *IRI* 值超过 100 的除上述两种外还有细足法蛭和七星底灯鱼,它们的 *IRI* 百分比值依次为 15.96%、12.81%、18.98%和 10.19%;冬季短鳍齿鱼的食物中, *IRI* 值超过 100 的虽然还是太平洋磷虾和细螯虾两种,但它们的%*IRI*(*IRI* 百分比)值高低悬殊,分别为 79.65%和 6.86%,太平洋磷虾占绝对优势。另外,麦氏犀鳕的 *IRI* 值虽然只有 92.42,但质量百分比却占到 17.65%,相等于太平洋磷虾。

短鳍齿鱼食物种类数的季节和区域分布如表 3 所示。食物中出现的种类数以夏季最多,春季最少。

食物种类的季节替代明显,更替率尤以春季为高,达 100%,其余三季相对接近。不同区域出现的种类数自北而南递增,区域间种类的相似性系数均低于 50%,表明短鳍齿鱼食物种类的区域差异明显,其中又以北部与其他两区的差异最大。

2.2 食性及变化

2.2.1 食物类型

东海短鳍齿鱼食物类群中排前 4 位的是磷虾类、长尾类、鱼类和端足类。其中又以前 3 位较为重要。它们的各项指标如表 4 所示。短鳍齿鱼的食物类群中,相对重要性指数磷虾类为第一位,以下依次为长尾类和鱼类;质量百分比以鱼类为首位,长尾类居次;出现频率百分组成以磷虾类和长尾类居高,端足类随后;个数百分比则以磷虾类第一,端足类第二。

根据短鳍齿鱼食物类群的不同生态类型,可分为游泳动物(鱼类、长尾类和头足类)、底栖动物(短尾类、口足类、等足类、涟虫类和钩虾类)和浮游动物(除前述以外的所有类别加浮游十足类)3 种。它们的 *IRI* 值分别是 407.38、4.05 和 1815.49, *IRI* 百分比分别是 18.29%、0.18%和 81.52%;出现频率百分组成依次为 20.01%、3.39%和 76.60%;质量百分比依次为 72.37%、1.46%和 26.17%;个数百分比依次为 9.15%、4.04%和 86.81%。用相对重要性指数和出现频率百分组成衡量东海短鳍齿鱼的食性类型,可以认定短鳍齿鱼为浮游动物食性,兼食游泳动物。但是,如若用质量百分比来衡量则相反,为游泳动物食性,兼食浮游动物。

表 2 东海短鰐齿鱼食物种类组成及重要性指数

Tab. 2 The constituent of food species and its IRI of *C. snyderi* in the East China Sea

食物种类	质量分数(%)	个数百分比(%)	出现频率(%)	相对重要指数
多钩钩腕乌贼(<i>Abrealia multihamata</i>)	0.93	0.18	0.65	0.72
耳乌贼属(<i>Sepiola</i> sp.)	0.38	0.27	0.97	0.63
不可辨认头足类	1.40	0.63	1.94	3.93
齿形海莹(<i>Cypridina dentata</i>)	+	0.09	0.32	0.03
海莹属(<i>Cypridina</i> sp.)	0.06	2.52	0.32	0.83
不规则拟海莹(<i>Cypridinodes bairdi</i>)	0.01	0.27	0.32	0.09
腹腺浮萤(<i>Conchoecia lophura</i>)	0.01	0.54	0.32	0.18
后圆真浮萤(<i>Euconchoecia maimai</i>)	0.03	1.35	1.61	2.22
短棒真浮萤(<i>Euconchoecia chierchiae</i>)	0.01	0.36	0.32	0.12
细长真浮萤(<i>Euconchoecia elongata</i>)	+	0.27	0.65	0.18
中华哲水蚤(<i>Calanus sinicus</i>)	0.01	0.54	1.61	0.88
普通波水蚤(<i>Undinula vulgaris</i>)	0.01	0.54	1.94	1.06
小拟哲水蚤(<i>Paracalanus parvus</i>)	+	0.18	0.32	0.06
小哲水蚤(<i>Nannocalanus minor</i>)	+	0.09	0.32	0.03
粗新哲水蚤(<i>Neocalanus robustior</i>)	+	0.09	0.32	0.03
细小真哲水蚤(<i>Eucalanus subtenius</i>)	+	0.09	0.32	0.03
强真哲水蚤(<i>Eucalanus crassus</i>)	0.03	2.25	2.26	5.14
亚强真哲水蚤(<i>Eucalanus subcrassus</i>)	0.03	1.89	1.29	2.47
精致真刺水蚤(<i>Euchaeta concinna</i>)	+	0.09	0.32	0.03
厚指平头水蚤(<i>Candacia pachydactyla</i>)	+	0.09	0.32	0.03
锥形宽水蚤(<i>Temora turbinata</i>)	+	0.18	0.65	0.12
椭圆形长足水蚤(<i>Calanopia elliptica</i>)	+	0.09	0.32	0.03
口虾蛄属(<i>Oratosquilla</i> sp.)	0.10	0.09	0.32	0.06
光背糠虾(<i>Paralophogaster glaber</i>)	0.50	0.45	1.29	1.23
太平洋疣背糠虾(<i>Lophogaster pacificus</i>)	0.30	0.09	0.32	0.13
漂浮小井伊糠虾(<i>Iiella pelagicus</i>)	0.10	0.36	0.32	0.15
台湾小井伊糠虾(<i>Iiella formosensis</i>)	0.02	0.09	0.32	0.04
宽尾刺糠虾(<i>Acanthomysis laticauda</i>)	0.02	0.09	0.32	0.04
不可辨认糠虾	0.14	0.54	1.29	0.88
三叶针尾涟虫(<i>Diastylis tricineta</i>)	0.04	0.27	0.32	0.10
企氏圆柱水虱(<i>Excirrolana chiltonii</i>)	0.01	0.09	0.32	0.03
大眼蛮蚨(<i>Lestrignus macrophthalmus</i>)	0.14	6.29	2.26	14.52
孟加拉蛮蚨(<i>Lestrignus bengalensis</i>)	+	0.09	0.32	0.03
裂颚蛮蚨(<i>Lestrignus schizogeneios</i>)	0.01	0.27	0.32	0.09
苏氏蛮蚨(<i>Lestrignus shoemakeri</i>)	0.08	3.50	2.58	9.24
蛮蚨属(<i>Lestrignus</i> sp.)	0.01	0.36	1.29	0.47
细足法蚨(<i>Themisto gracilipes</i>)	0.12	5.21	6.13	32.65
黄褐小法蚨(<i>Themistella fusca</i>)	+	0.09	0.32	0.03
近泉蚨属(<i>Hyperoche</i> sp.)	+	0.09	0.32	0.03
西巴似泉蚨(<i>Hyperioides sibaginis</i>)	+	0.09	0.32	0.03
长足似泉蚨(<i>Hyperioides longipes</i>)	0.03	1.17	0.65	0.77
慎蚨属(<i>Phronima</i> sp.)	0.04	0.09	0.32	0.04
甲状短腿狼蚨(<i>Brachyscelus cruscolum</i>)	0.04	0.09	0.32	0.04

续表 2

食物种类	质量分数(%)	个数百分比(%)	出现频率(%)	相对重要指数
贪婪短腿狼蟳(<i>Brachyscelus rapax</i>)	0.04	0.09	0.32	0.04
尖头蟳属(<i>Oxycephalus</i> sp.)	0.04	0.09	0.32	0.04
不可辨认蟳	0.04	1.89	3.55	6.84
轮双眼钩虾(<i>Ampelisca cyclops</i>)	0.12	0.72	0.32	0.27
短角双眼钩虾(<i>Ampelisca brevicornis</i>)	0.29	1.71	1.29	2.57
亮钩虾属(<i>Photis</i> sp.)	0.02	0.09	0.32	0.03
大螺赢蜚(<i>Corophium majer</i>)	0.06	0.36	0.32	0.14
白钩虾属(<i>Leucothoe</i> sp.)	0.02	0.09	0.32	0.03
极地蚤钩虾(<i>Pontocrates altamarinus</i>)	0.08	0.45	0.97	0.51
蚤钩虾属(<i>Pontocrates</i> sp.)	0.02	0.09	0.32	0.03
太平洋磷虾(<i>Euphausia pacifica</i>)	10.53	31.45	30.00	1259.19
不可辨认磷虾	1.71	5.12	7.74	52.92
中国毛虾(<i>Acetes chinensis</i>)	0.20	0.18	0.65	0.25
日本毛虾(<i>Acetes japonicus</i>)	0.10	0.09	0.32	0.06
中型莹虾(<i>Lucifer intermedius</i>)	0.08	0.72	1.29	1.03
正型莹虾(<i>Lucifer typus</i>)	0.08	0.72	0.97	0.77
细螯虾(<i>Leptochela gracilis</i>)	5.77	6.47	21.94	268.57
尖尾细螯虾(<i>Leptochela aculeocaudata</i>)	2.97	3.32	1.29	8.12
对虾属(<i>Fenneropenaeus</i> sp.)	0.70	0.09	0.32	0.26
管鞭虾属(<i>Solenocera</i> sp.)	3.51	0.45	0.97	3.83
鹰爪虾(<i>Trachypenaeus curvirostris</i>)	1.40	0.18	0.65	1.02
太平洋长臂虾(<i>Palaemon pacificus</i>)	3.31	0.36	1.29	4.73
东海红虾(<i>Plesionika izumiae</i>)	0.50	0.09	0.32	0.19
剪足虾属(<i>Psalidopus</i> sp.)	0.70	0.09	0.32	0.26
褐虾属(<i>Crangon</i> sp.)	1.00	0.09	0.32	0.35
不可辨认虾	12.63	1.62	5.48	78.14
短浆蟹属(<i>Thalamita</i> sp.)	0.70	0.09	0.32	0.26
海龙箭虫(<i>Sagitta nage</i>)	0.02	0.09	0.32	0.04
箭虫属(<i>Sagitta</i> sp.)	0.02	0.09	0.32	0.04
细条天竺鱼(<i>Apogonichthys lineatus</i>)	0.50	0.09	0.32	0.19
天竺鲷属(<i>Apogon</i> sp.)	1.00	0.18	0.32	0.38
七星底灯鱼(<i>Benthosema pterotum</i>)	5.61	1.26	3.87	26.60
麦氏犀鲂(<i>Bregmaceros macclellandi</i>)	7.02	0.63	2.26	17.27
短鳍齿鱼(<i>Champsodon snyderi</i>)	1.50	0.27	0.97	1.72
矛尾刺虾虎鱼(<i>Acanthogobius hasta</i>)	2.01	0.09	0.32	0.68
六丝矛尾刺虾虎鱼(<i>Chaeturichthys hexanema</i>)	0.20	0.09	0.32	0.09
不可辨认鱼	28.07	2.52	8.71	266.40
头足类幼体	1.60	0.72	2.26	5.25
阿利玛幼体	0.16	0.72	2.26	1.99
磷虾幼体	0.02	0.09	0.32	0.04
幼虾	0.22	0.99	2.58	3.12
磁蟹蚤状幼体	0.01	0.09	0.32	0.03
短尾类蚤状幼体	0.02	0.18	0.65	0.13
短尾类大眼幼体	0.60	2.70	5.16	17.02
幼蟹	0.16	0.18	0.32	0.11
鱼卵	+	0.36	0.32	0.12

注: + < 0.01

表 3 东海短鰐齿鱼食物种类数的时空分布

Tab. 3 The season and spatial distribution of food species of *C. snyderi* in the East China Sea

项目	季节				区域		
	春	夏	秋	冬	南	中	北
种类数	20	46	39	40	65	48	12
共有种	10	11	20	18	7	28	8
相似性系数(%)	—	—	—	—	南/中	北/中	南/北
	—	—	—	—	32.94	15.38	10.00
增补率(%)	50.00	76.09	48.72	55.00	—	—	—
减少率(%)	150.00	19.57	66.67	52.50	—	—	—
更替率(%)	100.00	47.83	57.70	53.75	—	—	—

表 4 东海短鰐齿鱼主要食物类群

Tab. 4 The main constituent of food groups of *C. snyderi* in the East China Sea

食物类群	质量分数(%)	个数百分比(%)	相对重要性指数	IRI 百分比	出现频率百分组成(%)
磷虾类	12.24	36.57	1312.11	58.92	24.89
长尾类	32.96	14.47	483.43	21.71	23.83
鱼类	45.92	5.12	313.32	14.07	11.28
端足类	1.17	22.91	68.47	3.07	15.32

2.2.2 季节变化

短鰐齿鱼食物中，四大食物类群各项指数的季节变化如表 5 所示。由表 5 可知，主要食物类群中的磷虾类和长尾类与主要食物种类太平洋磷虾和细螯虾的相对重要性指数季节变化有很高的拟合度，春、夏、秋 3 季两食物类群的相对重要性指数差距不大，冬季则以磷虾类占绝对优势。

短鰐齿鱼食物的质量百分比除春季外，其他 3 季以鱼类为高，长尾类居次；个数百分比春冬季以

磷虾类为高，长尾类居次，夏秋季则以端足类为高，磷虾类居次；相对重要性指数春季以磷虾类和长尾类为高，夏秋季四大类群分布相对较匀，冬季以磷虾类独占优势。

经卡方检验表明：磷虾类($\chi^2=14.58$, $P < 0.005$)、长尾类($\chi^2=113.29$, $P < 0.005$)和端足类($\chi^2=72.28$, $P < 0.005$)的 IRI 百分比都有极显著的季节变化，而鱼类($\chi^2=3.47$, $P > 0.005$)的 IRI 百分比的季节变化不明显。

表 5 东海短鰐齿鱼主要食物类群各项指数的季节变化

Tab. 5 The seasonal changes of indexes of main constituent of food groups of *C. snyderi* in the East China Sea

食物类群	春季				夏季			
	质量分数 (%)	数量百分比 (%)	相对重 要指数	IRI 百分比	质量分数 (%)	数量百分比 (%)	相对重 要指数	IRI 百分比
磷虾类	10.95	46.43	1147.60	40.88	7.92	19.06	540.07	27.12
长尾类	44.74	25.00	1085.51	38.67	39.06	13.81	669.32	33.61
鱼类	33.70	4.76	446.19	15.90	42.85	3.59	324.87	16.31
端足类	1.34	16.07	86.85	3.09	2.11	40.61	312.07	15.67
食物类群	秋季				冬季			
	质量分数 (%)	数量百分比 (%)	相对重 要指数	IRI 百分比	质量分数 (%)	数量百分比 (%)	相对重 要指数	IRI 百分比
磷虾类	7.40	26.47	495.42	28.97	18.97	52.06	3108.36	80.32
长尾类	35.03	17.65	370.53	21.66	19.76	9.44	333.33	8.61
鱼类	50.98	8.24	414.82	24.25	53.23	5.33	325.57	8.41
端足类	0.93	30.59	362.73	21.21	0.47	7.02	18.55	0.48

2.2.3 体长变化

短鰐齿鱼重要食物类群各项指数随体长的变化状况如表 6 所示, 不同体长组重要食物类群各项指数的区别明显。就总体而言, 磷虾类的各项指数随体长的增长而递减, 特别是质量百分比从高到低相差 8 倍多。鱼类则相反, 各项指数随体长的增长而递增, 特别 *IRI* 百分比, 从低到高相差近 3 倍。短鰐齿鱼在体长达 40 mm 后, 开始摄食七星底灯鱼和天竺鲷。体长达 60 mm 后食物中麦氏犀鳕出现, 70 mm 后麦氏犀鳕在食物中的比例迅速增加, 并替代七星底灯鱼成为食物鱼中的主要成分。相对于前两类, 长尾类不同体长组各项指数的差距较小。

经卡方检验表明: 磷虾类($\chi^2=1.46$, $P>0.005$)的 *IRI* 百分比随体长组不断降低, 而长尾类($\chi^2=2.03$, $P>0.005$)的 *IRI* 百分比随体长组不断增加, 但两者变化均不明显。而鱼类($\chi^2=94.81$, $P<0.005$)的 *IRI* 百分比随体长组变化有极显著变化。

表 6 东海短鰐齿鱼重要食物类群各项指数的体长变化

Tab. 6 The variation of indexes of important food groups in different body length of *C. snyderi* in the East China Sea

体长 (mm)	种类 数(尾)	磷虾类			长尾类			鱼类		
		质量分 数(%)	数量百 分比(%)	<i>IRI</i> 百分比	质量分 数(%)	数量百 分比(%)	<i>IRI</i> 百分比	质量分 数(%)	数量百 分比(%)	<i>IRI</i> 百分比
< 50	29	32.05	43.17	77.48	30.69	10.48	15.88	26.78	1.59	1.96
50~60	38	17.34	36.36	57.15	38.25	15.63	29.87	32.78	3.41	6.99
61~70	36	9.48	27.49	37.13	44.31	14.69	28.66	40.20	4.27	17.90
> 70	28	3.84	29.33	25.37	26.03	26.00	26.11	61.89	16.67	42.84

2.3 摄食强度

2.3.1 摄食等级

短鰐齿鱼不同季节、区域和体长的摄食等级分布分别如图 2、图 3 和图 4 所示。四季中, 以冬季摄食最充分, 春季次之, 秋季最差, 约有 60% 鱼处空胃或饥饿(0 和 1 级)状态。平面分布上, 以中北部摄食充分, 有 40% 以上的鱼处饱胃(3 和 4 级)状态, 南部仅占 26%。不同体长组的鱼, 个体越大空胃或饥饿的比例越低。单因子方差分析表明, 摄食等级与不同季节、区域和体长组 3 者之间均无显著性差异($P>0.05$)。

2.3.2 空胃率和胃饱满指数

各季节、区域和体长组的平均胃饱满指数及空

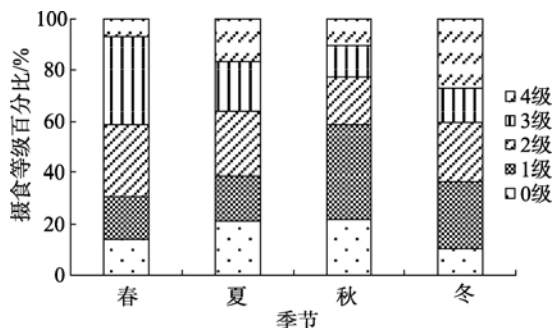


图 2 各季节短鰐齿鱼的摄食等级百分比

Fig. 2 Percentage of feeding rank for each season of *C. snyderi*

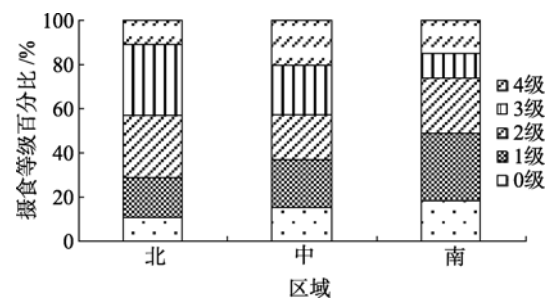


图 3 各区域短鰐齿鱼的摄食等级百分比

Fig. 3 Percentage of feeding rank for each area of *C. snyderi*

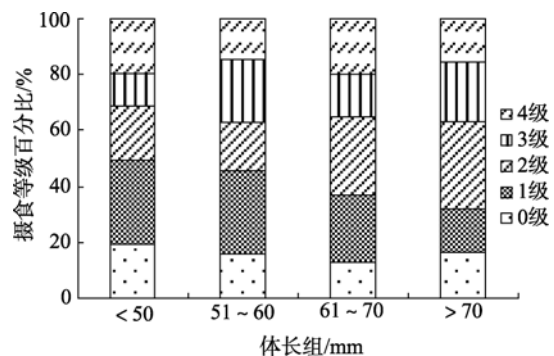


图 4 各体长组短鰐齿鱼的摄食等级百分比

Fig. 4 Percentage of feeding rank for each body length of *C. snyderi*

胃率如图 5、图 6 和图 7 所示。短鰐齿鱼的年空胃率 16.34%, 其高低随季节、区域和体长不同而有所变

动。四季分布呈冬春低夏秋高状态, 季节变化显著 ($F=11.29$, $P < 0.05$); 平面分布自北而南递增, 区域变化不显著 ($F=7.32.29$, $P > 0.05$); 不同体长组的空胃率先呈自小而大下降态, 当体长大于 70 mm 后又呈上升态, 不同体长组之间空胃率变化显著, ($F=34.21$, $P < 0.05$)。

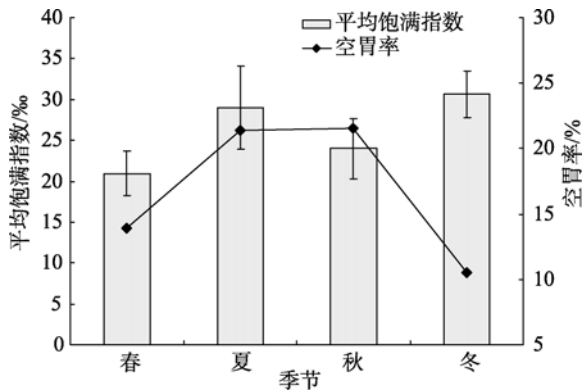


图 5 各季节短鳄齿鱼的平均饱满指数和空胃率

Fig. 5 Mean stomach fullness index and percentage of empty stomach for each season of *C. snyderi*

竖线表示标准误差(图 6, 图 7 同)

vertical indicates SE (the same as Fig. 6, Fig. 7)

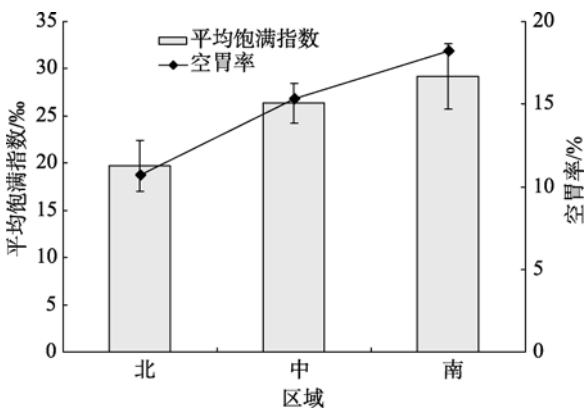


图 6 各区域短鳄齿鱼的平均饱满指数和空胃率

Fig. 6 Mean stomach fullness index and percentage of empty stomach for each area of *C. snyderi*

短鳄齿鱼的胃饱满指数最高 277.16‰, 年平均胃饱满指数 27.13‰。其中 10.01‰~20‰的占 20.53%, 20.01‰~50‰的占 19.65%, 大于 50‰的占 11.92%。四季呈高低相间分布, 并以冬季最高春季最低。平面分布与空胃率态势相同, 自北而南递增。不同体长组的胃饱满指数差距甚小, 体长 60 mm 前略高于 60 mm 后。胃饱满指数与季节、区域和体长组之间均为显著性差异 ($P > 0.05$)。

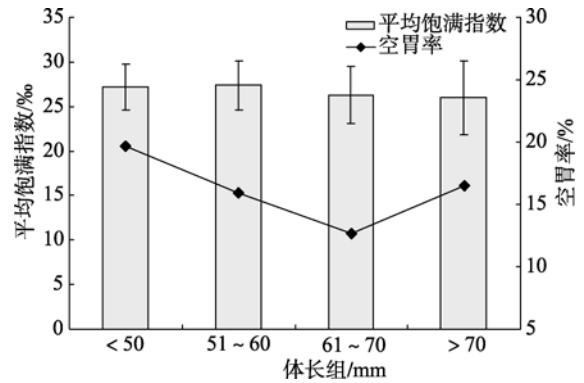


图 7 不同体长组短鳄齿鱼的平均饱满指数和空胃率

Fig. 7 Mean stomach fullness index and percentage of empty stomach for each body length of *C. snyderi*

3 讨论

3.1 食性变化

鱼类的摄食习性随着生长发育发生转变的现象是生物学普遍规律, 但不同的鱼种有着不尽相同的表现形式^[8]。东海短鳄齿鱼以太平洋磷虾、细螯虾和七星底灯鱼、麦氏犀鳕为主要食物组成。短鳄齿鱼在体长小于 60 mm 阶段以磷虾和细螯虾为主食, 体长达 60 mm 后鱼类比例明显增加。大于 70 mm, 食物中鱼类的相对重要性指数迅速上升并替代最主要的种类——太平洋磷虾, 成为短鳄齿鱼的主食。因此 60~70 mm 体长组是短鳄齿鱼食性转折点, 随着捕食器官的完善和捕食能力的增强, 饵料的种类和大小发生变化。此现象符合“最佳摄食理论”^[13], 而且这种食物转换现象的出现对于扩大种群的饵料基础、满足不同发育阶段鱼类的饵料需求以及缓和它们对有限饵料资源的竞争都是十分有利的^[14-16]。

鱼类的食性类型按不同指数衡量常常会得出不同的结果^[17], 短鳄齿鱼也不例外。根据短鳄齿鱼食物中浮游动物的个数百分比、出现频率百分组成以及相对重要性指数大大高于游泳动物, 以及作为主要食物来源的太平洋磷虾和细螯虾均属浮游动物, 加之可辨认的 79 种食物种类中浮游动物有 53 种, 占总种数的 67.09% 等多方因素, 笔者认为用质量百分比来衡量短鳄齿鱼的食性有失偏颇。东海区短鳄齿鱼应属于浮游动物食性, 兼食游泳动物。

3.2 食物组分变化

短鳄齿鱼的食物种类组成虽然较多, 但主要种类突出, 食物份额高。而且主要食物种类的优势度随

体长组不同而变化,食物种类分化明显,说明短鰕齿鱼对食物具一定的选择性。

根据徐兆礼^[18]的研究,太平洋磷虾为东海磷虾类的优势种,丰度分布以春夏高冬秋低。而在短鰕齿鱼的食物中,冬季由于水域中其他浮游动物贫乏,太平洋磷虾成为饵料的绝对优势种。春季来临,伴随着水温的回升,水体中浮游动物的种类增多丰度加大,直至夏秋,水域中桡足类、端足类、浮游幼虫等各类浮游动物繁盛,逐步分散了太平洋磷虾的摄食压力,其饵料重要性指数逐季降低。短鰕齿鱼食物的组分受生境中食料生物的分布及消长影响。

本研究表明,短鰕齿鱼食物种类的季节更替和区域差异明显。特别是北部海域,与其他两区的种类相似性系数很低,这除了与北部的样本数少有关外,应该还与海域食物种类的自然分布差异有很大关联。短鰕齿鱼的食物种类中有 67% 为浮游动物,根据以前的调查研究^[19],黄海南部的浮游动物组成明显比东海简单,而本调查区的北部海域正位于黄海南部,故而北部海域的食物种类明显偏少。此外,本研究样本均取自四季大面调查,北部样本数的稀少也与短鰕齿鱼自然资源的分布状况相符,研究短鰕齿鱼的主要分布区域在调查区的中南部。

3.3 摄食强度变化

短鰕齿鱼的摄食强度变化与其本身繁殖生物学特性关系密切。Olaso 等^[20]认为,鱼类在产卵期和产卵前期,发育的性腺会占据一定的体腔空间,从而导致摄食强度的降低。而短鰕齿鱼在秋季产卵盛期,尽管生境中饵料生物量达四季最高,但处空胃或饥饿状态的鱼数量却为四季最高。这一点恰好验证了 Olaso 的这一观点。繁殖期过后,为替补能量,短鰕齿鱼的索饵活动马上增强,故而其冬季的空胃率为四季最低,饱胃率和胃饱满指数达四季最高水平。

短鰕齿鱼的总平均空胃率为 16.34%。不同季节、区域和体长的空胃率变动幅度也较小,基本在 10%~20%,这与其摄浮游动物的食性相符。

致谢:薛利建、朱增军、贺舟挺、李振华、蒋日进、张亚洲等同志协助完成胃含物分析的成样品收集、数据录入等工作,在此特表谢忱。

参考文献:

- [1] 李永振,陈国宝,赵宪勇,等. 南海北部海域小型非经济鱼类资源声学评估[J]. 中国海洋大学学报, 2005, 35(2): 206-212.
- [2] 林龙山,郑元甲,刘勇,等. 东海区小型鱼类生态研究——小型鱼类的种类组成及季节变化[J]. 海洋科学, 2006, 30(8): 58-63.
- [3] 张寒野,林龙山. 东海带鱼和小型鱼类空间异质性及其空间关系[J]. 应用生态学报, 2005, 16(4): 708-711.
- [4] 沈伟,程家骅. 东海区短鰕齿鱼数量分布及其与环境因子的关系[J]. 海洋渔业, 2008, 30(4): 319-326.
- [5] 刘勇,李圣法,程家骅. 东海、黄海鱼类群落结构的季节变化研究[J]. 生态学报, 2006, 28(4): 109-114.
- [6] 李圣法,程家骅,李长松,等. 东海中部鱼类群落多样性的季节变化[J]. 海洋渔业, 2005, 27(2): 113-119.
- [7] 林龙山,张寒野,李惠玉,等. 东海带鱼食性的季节变化[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(6): 932-936.
- [8] 卢占晖,朱增军,林显鹏. 东海区短尾大眼鲷的食性分析[J]. 海洋渔业, 2010, 32(2): 199-203.
- [9] 国家质量监督检验检疫总局. 海洋调查规范[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 22-39.
- [10] Letoumeur Y, Galzin R, Harmelin-Vivien M. Temporal variations in the diet of the damselfish *Stegastes nigricans*(Lacepede) on Reunion fringing reef[J]. Exp Mar Biol Ecol, 1997, 217: 1-18.
- [11] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters[J]. Calif Dep Fish Game Fish Bull, 1971, 152: 1-105.
- [12] Zar J H. Biostatistical analysis(2ed.)[M]. New York: prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1984: 23-34.
- [13] 薛莹,金显仕,张波,等. 黄海中部小黄鱼摄食习性的体长变化与昼夜变化[J]. 中国水产科学, 2004, 11(5): 420-425.
- [14] Brooks J L, Dodson S I. Predation, body size, and competition of plankton[J]. Science, 1965, 150: 28-35.
- [15] Gressman G D. Ecological aspects of ontogenetic shifts in prey size utilization in the Bay goby(Pisces:Gobiidae) [J]. Oecologia, 1980, 47: 233-238.
- [16] Langton R W. Diet overlap between Atlantic cod, *Gadus morhua*, silver hake *Meduscia bilinearis* and fifteen other northwest Atlantic finfish[J]. Fish Bull, 1982, 80: 745-759.
- [17] 奚硕增. 鱼类摄食生态研究的理论及方法[J]. 海洋

- 与湖沼, 1996, 27(5): 556-561.
- [18] 徐兆礼, 陈亚瞿. 东海磷虾类优势种的生态适应[J]. 生态学报, 2005, 25(9): 2227-2233.
- [19] 李建生, 严利平, 李慧玉, 等. 黄海南部、东海北部夏秋季小黄鱼数量分布及与浮游动物的关系[J]. 海洋渔业, 2007, 29(1): 31-37.
- [20] Olaso I, Rauschert M, Broyer C D. Trophic ecology of the family Artedidraconidae (Pisces: Osteichthyes) and its impact on the eastern Weddell Sea benthic system [J]. Mar Eco Prog Ser, 2000, 194: 143-158.

Preliminary study on feeding ecology of *Champsodon snyderi* in East China Sea region

XU Kai-da, JIN Hai-wei, LU Zhan-hui, PAN Guo-liang, ZHU Zeng-jun

(Marine Fishery Institute of Zhejiang Province, Key Laboratory of Sustainable Utilization of Technology Research for Fishery Resource of Zhejiang Province, Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources for Key Fishing Grounds, Ministry of Agriculture, China, Zhoushan 316004, China)

Received: Dec., 16, 2010

Key words: East China Sea region; *Champsodon snyderi*; feeding ecology; temporal and spatial variation

Abstract: The feeding ecology of *Champsodon snyderi* in the East China Sea region was investigated based on the material from the survey of the East China Sea region from May 2008 to February 2009. The results showed that *C. snyderi* could be classified as a zooplankton carnivorous predator, as well as fed on nekton; the main food species of *C. snyderi* include *Euphausia pacifica*, *Leptochela gracilis*, *Benthoosema pterotum* and *Bregmaceros maclellandi*. The dominance of main food species changed with changes in body length, and the species of food constituent were different obviously, which is consistent with the “optimum foraging theory”. The seasonal changes of food species were obvious. The replacement rate reached the highest of 100% in spring and close among other three seasons. The species of food constituent were increased from the north to the south. The similarity index was all below 50% between areas, suggesting that the regional differences of the species of food constituent were very significant. The difference between the north and other two areas was the most. The yearly empty stomach rate of *C. snyderi* was 16.34%. The changes of empty stomach rate in different seasons, areas and body length groups were little. The yearly mean stomach fullness index was 27.13%. The rate was the highest in winter and lowest in spring, increased from the north to the south, but was very close among different body length groups.

(本文编辑: 谭雪静)