

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2015.14334

海州湾星康吉鳗的摄食生态特征

刘西方, 刘贺, 薛莹, 纪毓鹏, 李世岩, 韩东燕, 麻秋云

中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003

摘要: 根据 2011 年 3—12 月在海州湾及其邻近海域进行的 5 个航次的底拖网调查, 通过分析 516 尾星康吉鳗 (*Conger myriaster*) 的胃含物样品, 对其食物组成、食性类型、摄食强度、营养生态位以及营养级等摄食生态特征进行了初步研究。结果表明, 星康吉鳗摄食的饵料种类有 40 余种, 鱼类、虾类和头足类是其最主要的 3 种饵料类群, 优势饵料生物有尖海龙 (*Syngnathus acus*)、矛尾虾虎鱼 (*Chaeturichthys stigmatias*)、鲜明鼓虾 (*Alpheus distinguendus*)、枪乌贼 (*Loligo* sp.) 等。星康吉鳗的食性类型以底栖动物和游泳动物食性为主, 其食物组成存在明显的季节变化和肛长变化, 除在 4 个季节均摄食大量的鱼类和虾类外, 秋季还摄食大量头足类。不同肛长组星康吉鳗摄食的主要饵料种类存在明显差异: 肛长小于 70 mm 的星康吉鳗主要摄食枪乌贼, 70~99 mm 的星康吉鳗主要摄食绯鳃 (*Callionymus beniteguri*) 和鲜明鼓虾, 大于 100 mm 的星康吉鳗则主要以枪乌贼、尖海龙 (*Syngnathus acus*) 和鲜明鼓虾为食。星康吉鳗的空胃率和平均胃饱满指数存在明显的季节变化, 空胃率夏季最低, 春季最高; 平均胃饱满指数春季最低, 秋季最高。星康吉鳗的营养级为 4.17, 表明其在海州湾食物网中处于较高的营养位置。本研究发现, 海州湾星康吉鳗的摄食随季节和肛长的变化, 主要与其栖息海域中优势饵料生物的种类组成和丰度有关, 因此, 通过定期监测星康吉鳗的摄食可间接了解基础饵料生物种类和数量的变动情况, 同时也为食物网的构建和生态系统营养动力学的研究提供基础资料。

关键词: 海州湾; 星康吉鳗; 摄食生态; 摄食强度; 营养级

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2015)03-0517-11

星康吉鳗 (*Conger myriaster*), 俗称星鳗、鳝鱼, 系鳗鲡目 (Anguilliformes), 康吉鳗科 (Congridae), 康吉鳗属 (*Conger*), 为底层鱼类, 在中国的黄海、东海、渤海以及日本北部和朝鲜海域都有分布^[1]。星康吉鳗是一种重要的经济鱼类, 也是我国重要的捕捞对象之一^[2]。目前, 星康吉鳗的研究多集中在生物学及生态学^[3-4]、渔具选择性^[2, 5]以及染色体组型^[6]等方面的研究, 然而有关其摄食习性方面的研究鲜有报道^[7]。

鱼类摄食生态的研究涉及鱼类种间食物竞争、鱼类营养级计算、生态系统模型的构建等多

方面的内容, 是现代渔业生态学的重要研究领域之一^[8-9]。星康吉鳗是海州湾的优势鱼种之一^[10], 属于高营养级的鱼类, 在海州湾食物网和生态系统中占有重要的地位, 对其摄食生态的研究将有助于了解它对低营养级饵料生物的下行控制作用, 对于海州湾食物网的构建和生态系统营养动力学的研究具有重要的意义。

为此, 本研究基于 2011 年 3—12 月在海州湾海域进行的 5 个航次的调查数据, 采用胃含物分析的方法对星康吉鳗的摄食生态进行初步研究, 旨在进一步了解星康吉鳗的生物学特性和摄食生

收稿日期: 2014-08-06; 修订日期: 2014-11-03。

基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费项目 (201305030); 高等学校博士学科点专项科研基金项目 (20120132130001); 中央高校基本科研业务费专项资金项目 (201022001, 201262004)。

作者简介: 刘西方 (1988-), 男, 硕士研究生, 主要从事鱼类摄食生态学研究。E-mail: lxfwangyi@163.com

通信作者: 薛莹, 副教授。E-mail: xueying@ouc.edu.cn

态,同时也为探讨星康吉鳗种群数量动态变化和
资源保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

星康吉鳗样品采自 2011 年在海州湾海域
(119°20′~121°10′E, 34°20′~35°10′N)进行的春(3 月
和 5 月)、夏(7 月)、秋(9 月)、冬(12 月)4 个季节
的底拖网调查。采用分层随机取样(stratified ran-
dom sampling)的方法设计调查站位^[10], 每个航次
共选取 24 个调查站位, 调查区域如图 1 所示。调
查船为单拖网船, 船只功率为 220 kW, 每站平均
拖网时间为 1 h, 拖速为 2.0~3.0 kn, 网口宽度为 25 m,
囊网网目为 17 mm。样品带回实验室进行分析处
理, 生物学测定参考最新的《海洋调查规范》

(GB /T 12763. 6—2007)^[11]进行。共收集星康吉鳗
胃含物样品 516 尾, 其中空胃数 59 尾, 各个季节
及肛长组的样品数和空胃数见表 1。采集的样品放
入冷柜中冷冻保存, 以备后续的胃含物分析。

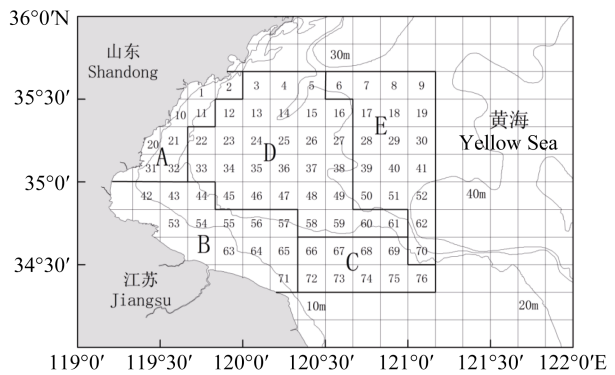


图 1 海州湾调查区域图
Fig.1 Map of investigating area in Haizhou Bay

表 1 各季节和肛长组海州湾星康吉鳗胃含物的样品数量
Tab.1 Stomach sample sizes of *Conger myriaster* from each anal length class in each season in Haizhou Bay

肛长组/mm anal length class	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter	总计 total
<70	0	0	15(2)	3(0)	18(2)
70-79	0	0	22(6)	11(0)	33(6)
80-89	6(2)	1(0)	18(3)	23(3)	48(8)
90-99	20(5)	5(1)	2(0)	17(1)	44(7)
100-109	19(5)	11(1)	9(2)	13(0)	52(8)
110-119	33(11)	22(1)	13(0)	19(2)	87(14)
120-129	24(3)	42(5)	19(0)	5(0)	90(8)
130-139	8(0)	26(4)	18(3)	15(1)	67(8)
140-149	0	13(1)	17(3)	17(2)	47(6)
>149	4(0)	3(0)	9(2)	14(6)	30(8)
总计 total	114(26)	123(13)	142(21)	137(15)	516(59)

注: 括号内是空胃数。
Note: Number of empty stomach was given in the brackets.

1.2 胃含物分析

将冷冻后的样品带回实验室进行生物学测定,
测量其体长(mm)、肛长(mm)和体重(g)等生物学参
数,再取出胃含物样品目测摄食等级后冷冻保
存。利用解剖镜对饵料生物进行种类鉴定, 尽可
能鉴定到最低分类阶元, 使用精密天平(精确到
0.1 mg)对饵料生物进行称量, 称量前用吸水纸吸
干饵料生物表面的水分。对于胃含物中体形保存
较为完整的饵料生物, 测量其体长、体重等生物

学参数。

1.3 数据处理

用于评价饵料重要性的指标有质量百分比
($W\%$)、个数百分比($N\%$)和出现频率($F\%$)^[12], 另外
本研究采用相对重要性指数百分比(IRI%)来评价
摄食饵料种类的重要性^[13]和食性类型, 计算公式
如下:

$$\text{质量百分比}(W\%) = \frac{\text{某饵料生物质量}}{\text{所有饵料生物总质量}} \times 100$$

$$\text{个数百分比}(N\%) = \frac{\text{某饵料生物个数}}{\text{所有饵料生物总个数}} \times 100$$

$$\text{出现频率}(F\%) = \frac{\text{某饵料出现次数}}{\text{非空胃数个数}} \times 100$$

$$\text{IRI} = F\%(N\% + W\%)$$

$$\text{IRI}\% = \left(\frac{\text{IRI}}{\sum \text{IRI}} \right) \times 100$$

由于鱼类的食物重量与鱼体体重之间有良好的相关性^[14], 因此利用饱满指数这个指标反映鱼类的摄食情况。Cortés^[13]指出, 仅用饱满指数不能准确地反映鱼类摄食强度的变化情况。因此, 本研究在描述星康吉鳗摄食强度变化时, 采用了饱满指数和空胃率两个指标, 其计算公式如下:

$$\text{饱满指数} = \frac{\text{食物团实际重量}}{\text{鱼体纯体重}} \times 100$$

$$\text{空胃率}(\%) = \frac{\text{空胃个数}}{\text{总胃个数}} \times 100$$

营养级采用下列公式计算^[15]:

$$\text{TL}_i = 1 + \sum_{j=1}^s \text{DC}_{ij} \text{TL}_j$$

式中, TL_i 为生物 i 的营养级; TL_j 为生物 i 摄食的饵料生物 j 的营养级; DC_{ij} 为饵料生物 j 在生物 i 的食物中所占的比例, 本研究用饵料生物的质量百分比表示; s 为饵料生物的种类数。本研究采用目前国际通用的营养级划分标准, 即将绿色植物定为 1 级^[16-17]。

应用 PRIMER5.0 软件对不同季节和肛长组的食物组成进行聚类分析^[18], 以饵料质量百分比作为指标, 分析前对数据进行平方根转换, 以便对稀有种给与一定程度的加权, 得到 Bray-Curtis 相似性矩阵, 采用的分类阶元为属和种, 并去除不可辨认饵料^[19]。

应用 SPSS19.0 软件中的列联表卡方检验空胃率的变化, 单因素方差分析检验平均胃饱满指数的变化, 方差分析前先将数据做对数转换, 以满足方差齐性的要求^[20]。

2 结果与分析

2.1 食物组成和食性类型

星康吉鳗摄食的饵料生物包括 13 个类群(表

2), 根据百分比相对重要性(IRI%)分析, 虾类是其最主要的食物来源(44.47%), 其次是鱼类(33.01%)、头足类(16.59%)、多毛类(3.06%)和等足类(1.69%), 其余饵料类群的 IRI%均<1%; 从摄食的饵料种类来看, 其饵料生物有 40 余种, 其中鲜明鼓虾(*Alpheus distinguendus*)的 IRI%最高(21.19%), 其次是尖海龙(*Syngnathus acus*)、枪乌贼(*Loligo* sp.)、矛尾虾虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)、疣背宽额虾(*Latreutes planirostris*)和戴氏赤虾(*Metapenaeopsis dalei*)等。

根据星康吉鳗摄食饵料生物生态类型的不同, 可将饵料生物分为浮游动物、底栖动物和游泳动物 3 类, 它们的百分比相对重要性指数分别是 0.98%、49.42%和 49.60%。因此, 星康吉鳗是以底栖动物和游泳动物为主要食物的鱼类。

2.2 食物组成随季节和肛长的变化

海州湾星康吉鳗的食物组成随季节有明显的变化, 聚类分析的结果显示(图 2), 以相似性系数 85%为标准可以将 4 个季节的星康吉鳗分为 3 组。第 1 组为秋季, 第 2 组为冬季, 第 3 组为春、夏季。第 1 组与第 2、3 组之间存在较大差异, 其平均相似性系数为 75.96%, 第 2 组与第 3 组之间, 平均相似性系数为 84.55%。秋季星康吉鳗主要摄食头足类、鱼类、虾类; 冬季主要摄食鱼类; 春夏季则以虾类为主。由质量百分比的数据显示(表 3), 鱼类和虾类在 4 个季节中均是星康吉鳗主要的饵料类群, 但是秋季头足类的质量百分比最高。鱼类的质量百分比变化范围为 26.53%~46.85%, 且由春季到冬季依次升高; 虾类的质量百分比变化范围为 19.53%~58.09%, 由春季到冬季逐渐降低; 头足类的质量百分比变化范围为 6.81%~38.20%, 由春季到冬季先升高再降低, 秋季达到最高(38.20%)。除鱼类、虾类、头足类 3 种饵料类群外, 春季星康吉鳗还摄食一定量的多毛类(4.57%)和等足类(3.14%); 夏季摄食的多毛类(8.51%)有所升高; 秋季还摄食一定量的口足类, 且只在秋季出现; 冬季星康吉鳗摄食蟹类的质量百分比达到全年的最高值。

表 2 海州湾星康吉鳗的食物组成
Tab.2 Diet composition of *Conger myriaster* in Haizhou Bay

饵料种类 prey item	质量百分比/% W%	数量百分比/% N%	出现频率/% F%	相对重要性指数百分比/% IRI%
鱼类 Pisces	37.09	29.63	48.71	33.01
尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>	10.25	9.31	19.91	19.83
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	5.30	7.79	12.41	8.28
细条天竺鲷 <i>Apogon lineatus</i>	4.39	1.80	2.34	0.74
鲷 <i>Engraulis japonicus</i>	3.97	2.28	3.51	1.12
赤鼻棱鲷 <i>Thrissa kammalensis</i>	3.71	1.61	3.28	0.89
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	1.54	1.23	2.81	0.40
短鳍鲷 <i>Callionymus sagitta</i>	1.39	1.33	3.28	0.45
方氏云鲷 <i>Enedrias fangi</i>	1.34	0.28	0.47	0.04
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	1.32	0.38	0.94	0.08
绯鲷 <i>Callionymus beniteguri</i>	1.17	0.09	0.23	0.02
棘头梅童 <i>Collichthys lucidus</i>	0.78	0.09	0.23	0.01
长丝虾虎鱼 <i>Cryptocentrus filifer</i>	0.44	0.66	1.64	0.09
日本海马 <i>Hippocampus japonicas</i>	0.16	0.09	0.23	0.00
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	0.15	0.09	0.23	0.00
不可辨认鱼类 unidentified pisces	1.19	2.56	6.32	1.06
蟹类 Crabs	0.48	0.95	3.04	0.04
隆线强蟹 <i>Eucrate crenata</i>	0.19	0.09	0.23	0.00
锯额豆瓷蟹 <i>Pisidia serratifrons</i>	0.10	0.47	1.17	0.03
绒毛细足蟹 <i>Rophidopus ciliatus</i>	0.05	0.09	0.23	0.00
日本蟳 <i>Charybdis japonica</i>	0.14	0.19	0.23	0.00
不可辨认蟹类 Unidentified crabs	0.00	0.09	0.23	0.00
虾类 Decapoda	32.60	42.92	63.00	44.47
疣背宽额虾 <i>Latreutes planirostris</i>	1.42	9.69	14.29	8.09
海蜇虾 <i>Latreutes anoplonyx</i>	0.51	3.13	5.39	1.00
戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dalei</i>	5.30	5.03	10.54	5.55
伍氏螯蛄虾 <i>Upogebia wuhsienweni</i>	2.68	0.85	1.87	0.34
细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	0.91	3.61	7.49	1.73
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	10.09	9.21	21.55	21.19
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	2.57	1.71	3.98	0.87
脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>	1.57	0.47	0.94	0.10
鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>	2.65	1.14	2.58	0.50
细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i>	0.02	0.09	0.23	0.00
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	1.87	1.33	2.81	0.46
脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	0.55	0.28	0.70	0.03
对虾 <i>Penaeidae</i> sp.	0.09	0.38	0.94	0.02
中华安乐虾 <i>Eualus sinensis</i>	0.15	0.19	0.47	0.01
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	0.17	0.38	0.94	0.03
不可辨认虾类 unidentified decapoda	2.06	5.41	12.65	4.57
头足类 Cephalopoda	22.38	9.12	13.11	16.59
枪乌贼 <i>Loligo</i> sp.	20.46	7.60	11.48	16.41
短蛸 <i>Octopus ocellatus</i>	0.59	0.38	0.70	0.03
双喙耳乌贼 <i>Sepiolo birostrat</i>	0.90	0.95	1.41	0.13
长蛸 <i>Octopus variabilis</i>	0.44	0.19	0.47	0.01

续表 2 tab.2 continued

饵料种类 prey item	质量百分比/% W%	数量百分比/% N%	出现频率/% F%	相对重要性指数百分比/% IRI%
双壳类 Bivalvia	0.04	0.95	2.34	0.05
异白樱蛤 <i>Macoma incongrua</i>	0.00	0.09	0.23	0.00
不可辨认双壳类 unidentified bivalvia	0.04	0.85	1.64	0.04
蛇尾类 Ophiuroidea	0.01	0.28	0.70	0.00
紫蛇尾 <i>Ophiopholis mirabilis</i>	0.00	0.09	0.23	0.00
司氏盖蛇尾 <i>Stegophiura sladeni</i>	0.00	0.09	0.23	0.00
不可辨认蛇尾类 Opuiuroidea sp.	0.00	0.09	0.23	0.00
口足类 Stomatopoda	1.02	0.57	1.41	0.11
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	1.02	0.57	1.41	0.11
糠虾类 Mysidacea	0.00	0.09	0.23	0.00
刺糠虾 <i>Acanthomysis</i> sp.	0.00	0.09	0.23	0.00
腹足类 Gastropoda	0.00	0.19	0.47	0.00
伶仃螺 <i>Oliva mustelina</i>	0.00	0.09	0.23	0.00
不可辨认腹足类 unidentified gastropoda	0.00	0.09	0.23	0.00
多毛类 Polychaeta	4.47	6.55	15.22	3.06
沙蚕 <i>Nereididae</i> sp.	3.57	5.70	13.58	2.99
吻沙蚕 <i>Glycera</i> sp.	0.58	0.47	0.70	0.04
异足索沙蚕 <i>Lumbrineris heteropoda</i>	0.31	0.38	0.94	0.03
端足类 Amphipoda	0.16	4.46	7.96	0.94
双眼钩虾 <i>Ampelisca</i> sp.	0.11	2.18	3.98	0.47
钩虾 <i>Gammarus</i> sp.	0.05	2.28	3.98	0.47
等足类 Isopoda	1.64	3.61	6.32	1.69
日本浪漂水虱 <i>Cirolana japonensis</i>	1.64	3.61	6.32	1.69
其他 others	0.12	0.66	0.47	0.04

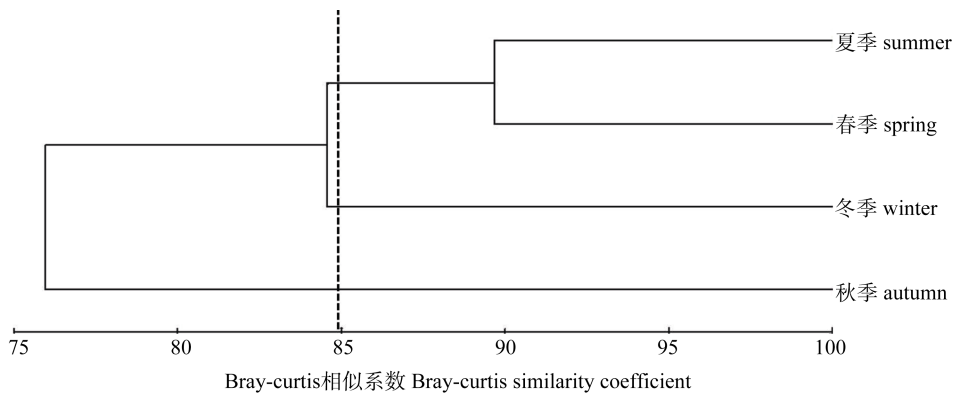


图 2 各季节星康吉鳗食物组成的聚类分析

Fig2 Cluster analysis dendrogram of the dietary composition of *Conger myriaster* in each season

星康吉鳗的食物组成随肛长的增加发生明显变化。聚类分析的结果显示(图 3), 以相似性系数 75%为标准可以将星康吉鳗的 10 个肛长组分为 3 组: 第 1 组为肛长小于 70 mm 的星康吉鳗, 第 2 组为肛长 70~99 mm 的星康吉鳗, 第 3 组为肛长大

于 100 mm 的星康吉鳗。第 1 组与第 2、3 组之间存在较大差异, 其平均相似性系数为 55.23%, 第 2 组与第 3 组之间, 平均相似性系数为 71%。在食物组成方面, 由质量百分比数据显示(表 4), 肛长小于 70 mm 的星康吉鳗主要摄食头足类(72.63%),

表 3 海州湾星康吉鳗主要饵料类群质量百分比(W%)的季节变化

Tab.3 Seasonal variations in the percentage mass(W%) of major prey items in the diet of *Conger myriaster* in Haizhou Bay

饵料种类 prey item	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter	%
鱼类 Pisces	26.53	30.49	35.62	46.85	
蟹类 Crabs	0.31	2.95	0.63	8.38	
虾类 Decapoda	58.09	45.33	19.53	27.30	
头足类 Cephalopoda	6.81	9.93	38.20	9.93	
双壳类 Bivalvia	0.00	0.00	0.02	0.10	
蛇尾类 Ophiuroidea	0.01	0.00	0.00	0.02	
多毛类 Polychaeta	4.57	8.51	2.83	5.05	
端足类 Amphipoda	0.38	0.03	0.16	0.14	
等足类 Isopoda	3.14	2.58	0.65	2.15	
口足类 Stomatopoda	0.00	0.00	2.24	0.00	
其他* others*	0.17	0.18	0.12	0.08	

注: *其他包括腹足类、糠虾类和不可辨认饵料。
Note: * Others included Gastropoda, Mysidacea and unidentified preys.

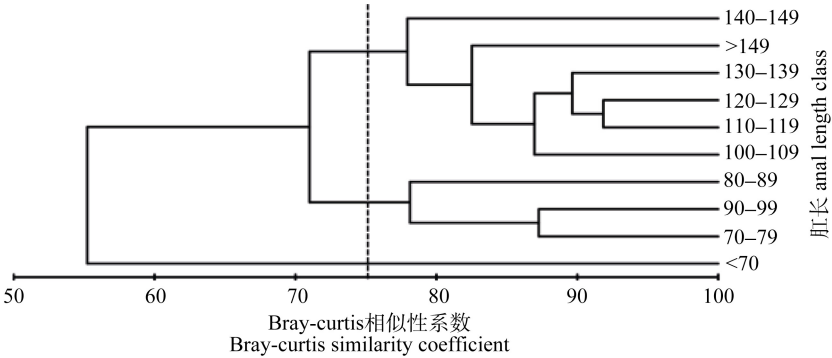


图 3 星康吉鳗各肛长组食物组成的聚类分析

Fig3 Cluster analysis dendrogram of the dietary composition of *Conger myriaster* in each anal length class

表 4 海州湾星康吉鳗主要饵料类群质量百分比(W%)随肛长的变化

Tab.4 Variations in the percentage mass (W%) of major prey item to the diet of each anal length class of *Conger myriaster* in Haizhou Bay

饵料类群 prey item	肛长/mm anal length										%
	<70	70-79	80-89	90-99	100-109	110-119	120-129	130-139	140-149	>149	
鱼类 Pisces	4.69	45.20	18.40	40.10	25.05	44.91	37.51	37.00	45.38	31.22	
蟹类 Crabs	0.00	3.18	0.31	0.95	5.74	1.79	0.76	8.87	1.41	0.98	
虾类 Decapoda	7.50	39.49	52.94	42.92	32.68	32.66	32.29	29.45	15.49	29.08	
头足类 Cephalopoda	72.63	0.00	0.14	1.77	28.77	12.27	21.47	19.88	30.19	38.05	
双壳类 Bivalvia	0.52	0.00	0.60	0.01	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
蛇尾类 Ophiuroidea	0.00	0.00	0.00	0.11	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	
多毛类 Polychaeta	11.73	8.47	15.72	6.87	6.97	5.76	5.54	3.49	0.02	0.64	
端足类 Amphipoda	0.33	1.27	0.84	0.29	0.09	0.38	0.06	0.04	0.02	0.00	
等足类 Isopoda	0.00	2.39	7.99	6.96	0.40	2.23	1.88	1.16	1.01	0.00	
口足类 Stomatopoda	2.59	0.00	3.01	0.00	0.09	0.00	0.42	0.00	5.92	0.00	
其他* others*	0.00	0.00	0.05	0.02	0.03	0.01	0.09	0.12	0.55	0.00	

注: *其他包括腹足类、糠虾类和不可辨认饵料。
Note: * Others included Gastropoda, Mysidacea and unidentified preys.

其次是多毛类(11.73%), 其优势饵料生物主要是枪乌贼, 其次是沙蚕、尖海龙、疣背宽额虾等。肛长在 70~99 mm 的星康吉鳗主要摄食虾类和鱼类, 其优势饵料生物主要是绯鲗 (*Callionymus beniteguri*)、尖海龙、鲜明鼓虾, 其次是沙蚕、疣背宽额虾等; 肛长大于 100 mm 的星康吉鳗主要摄食鱼类、虾类、头足类, 其优势饵料生物主要是枪乌贼、尖海龙、鲜明鼓虾, 其次是矛尾虾虎鱼、赤鼻棱鳀(*Thrissa kammalensis*)、戴氏赤虾等。此外, 多毛类饵料类群的质量百分比随着肛长的增加呈现逐渐降低的趋势。

2.3 摄食强度随季节和肛长的变化

海州湾星康吉鳗的空胃率($P<0.05$)和平均胃饱满指数($P<0.05$)均存在显著的季节变化。由图 4 可知, 夏季空胃率最低, 为 10.57%; 春季空胃率最高, 为 18.06%。平均胃饱满指数在秋季最高, 为 3.33%; 春季最低, 为 1.30%。

不同肛长组之间空胃率($P<0.05$)和平均胃饱满指数($P<0.05$)的差异均显著。由图 5 显示, 当肛

长小于 80 mm 时, 空胃率和平均胃饱满指数都随肛长增加呈上升趋势; 当肛长在 80~120 mm 时, 空胃率随肛长增加基本保持不变; 当肛长大于 120 mm 时, 空胃率略有下降趋势; 当肛长大于 149 mm 时, 空胃率达到最高值。平均胃饱满指数在 70~79 mm 时达到峰值, 随后变化趋势趋于平缓。

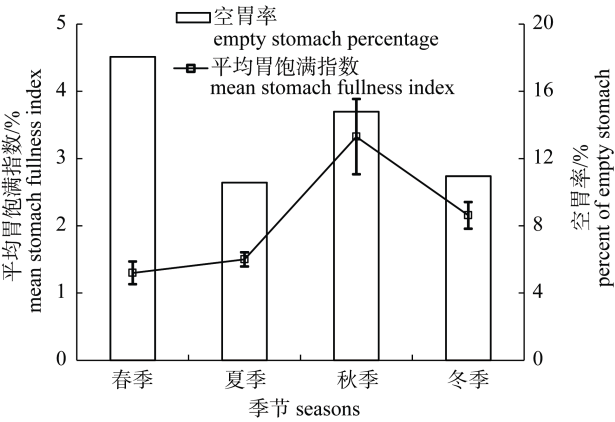


图 4 各季节星康吉鳗的空胃率和平均胃饱满指数
Fig.4 Percent of empty stomach and mean stomach fullness index of *Conger myriaster* in each season

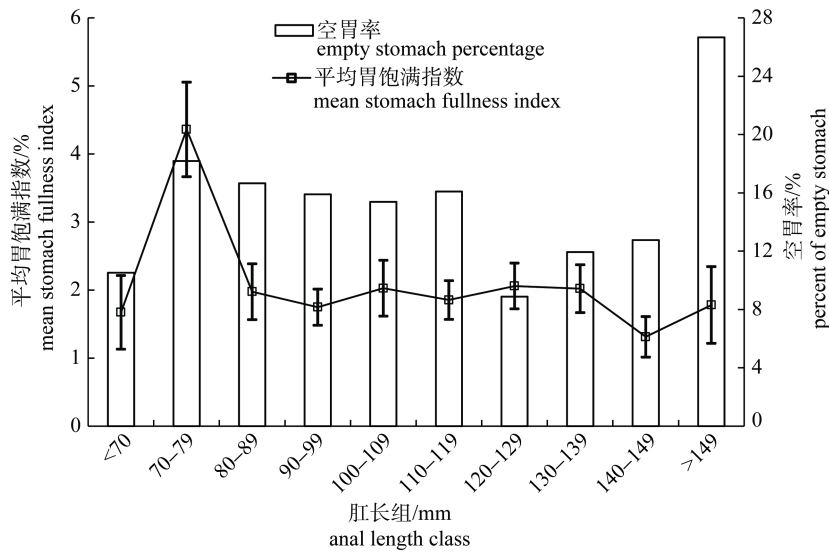


图 5 不同肛长组星康吉鳗的空胃率和胃饱满指数
Fig.5 Percent of empty stomach and mean stomach fullness index of *Conger myriaster* in each anal length class

2.4 营养级

星康吉鳗各饵料生物的营养级参照韦晟等^[21]、张波^[22]、薛莹^[23]的研究结果, 并进行适当的修正, 即将绿色植物的营养级定为 1 级。计算出海州湾

星康吉鳗的营养级为 4.17。
星康吉鳗的营养级随季节和肛长的变化而异, 季节变化较明显, 秋季的营养级最高, 达 4.293; 冬季次之, 为 4.129; 春、夏季营养级低, 为 3.990

和 4.028(图 6)。星康吉鳗营养级随肛长的增加而呈逐渐上升趋势, 小于 70 mm 肛长组的营养级最低, 为 3.980, 而大于 149 mm 肛长组的营养级最高, 为 4.354(图 7)。

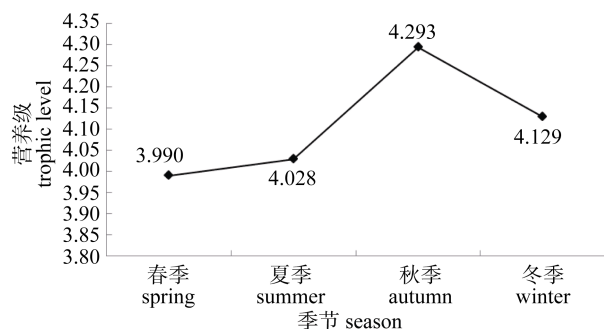


图 6 星康吉鳗营养级的季节变化

Fig.6 Trophic level of *Conger myriaster* in each season

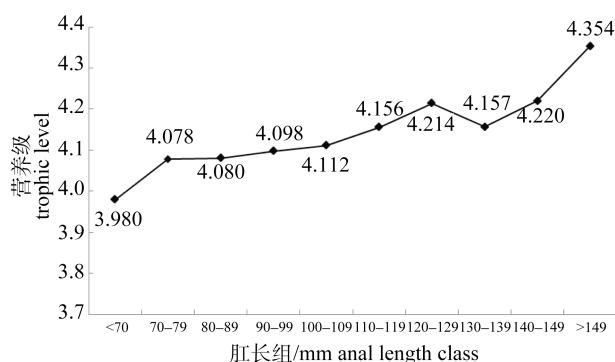


图 7 星康吉鳗营养级的肛长变化

Fig.7 Trophic level of *Conger myriaster* in each anal length class

3 讨论

3.1 星康吉鳗摄食的季节变化

本研究发现, 海州湾星康吉鳗的摄食习性存在着明显的季节变化。鱼类和虾类是星康吉鳗 4 个季节中主要饵料类群, 而所摄食的饵料生物种类在不同季节间存在着一定的变化。例如: 对日本鼓虾(*Alpheus japonicus*)的摄食主要集中在春季, 而对戴氏赤虾的摄食主要集中在夏季, 对枪乌贼等头足类的摄食主要发生在秋季。近期的研究表明^[24-25], 日本鼓虾为海州湾春季虾类中的优势种, 且生物量最高; 戴氏赤虾为海州湾夏季的优势种, 同时生物量最高; 而枪乌贼则为海州湾秋季头足

类中的绝对优势种。星康吉鳗摄食的季节变化与海州湾饵料生物种类和数量的季节性变化相一致, 这是鱼类摄食生态研究中一个较为普遍的现象^[26], 即鱼类食物组成的季节变化与栖息海域中优势饵料生物的季节变化有关。

海州湾星康吉鳗的空胃率和平均胃饱满指数也存在明显的季节变化, 综合来看, 夏季和秋季的摄食强度较高, 而春季和冬季较低。本课题组近期的研究表明, 海州湾春季和冬季的水温明显降低, 饵料生物的种类和丰度也显著减少^[10, 25], 这可能是导致星康吉鳗摄食强度降低的主要原因。此外, 星康吉鳗摄食强度的季节变化还可能与其性腺发育、饵料生物可获得性以及环境因子等因素的季节变化有关。

3.2 星康吉鳗摄食随肛长的变化

许多研究表明, 随着鱼类体长的增加, 其摄食饵料生物的个体大小也随之增大^[27-28]。在本研究中, 通过聚类分析将 10 个肛长组的星康吉鳗分成 3 组, 肛长小于 70 mm 的星康吉鳗主要摄食沙蚕和枪乌贼等饵料生物, 鱼类则主要是小型的尖海龙; 肛长 70~100 mm 的星康吉鳗主要摄尖海龙和鲜明鼓虾等饵料生物; 肛长大于 100 mm 的星康吉鳗则以枪乌贼、尖海龙、鲜明鼓虾和矛尾虾虎鱼为主要饵料, 摄食的饵料种类复杂, 且随着肛长的增加, 其摄食个体较大的饵料生物数量不断增加。

本研究中肛长较小的星康吉鳗空胃率相对较低, 平均胃饱满指数较高, 这可能与其生长发育有较大关系, 肛长小的个体处于快速生长阶段, 需要不断摄取食物来补充能量, 因此摄食强度较高。而肛长较大的星康吉鳗空胃率高, 平均胃饱满指数低, 其原因可能是个体较大的星康吉鳗捕食活动所消耗的能量多, 消化能力比较强。

3.3 星康吉鳗的食物组成和营养级

营养级的研究是鱼类摄食生态和海洋食物网研究的重要内容之一^[29], 它能够反映出鱼类的摄食类型、营养位置以及鱼类群落营养结构等多方面信息, 是重要的营养动力学指标之一^[30]。本研究计算得出星康吉鳗营养级为 4.17, 该结果与韦

晟等^[21]运用胃含物分析所得出的黄海星康吉鳗营养级为4.8(校正后)的结果相差较大,与李忠义等^[31]运用稳定同位素技术计算得出长江口及南黄海水域星康吉鳗营养级为4.54的结果也有一定差异,导致这种差异的原因可能有以下几个方面:(1)分析方法不同。Odum等^[15]提出的营养级计算公式是根据鱼类摄食饵料生物所占的比例算出,饵料生物是通过胃含物分析所得,而胃含物分析方法反映的是鱼类短期摄食情况。Post^[32]提出的营养级计算公式是根据氮稳定同位素的值算出,而稳定同位素方法通过测定其稳定同位素组成来确定鱼类的食物来源,所得到的结果反映的是鱼类长期的摄食情况^[33],因此这两种方法计算的生物营养级可能存在一定差异。(2)星康吉鳗食物组成的变化。韦晟等^[21]在1985—1986年的黄海鱼类进行食物网的研究中发现,星康吉鳗主要摄食鳀(*Engraulis japonicus*)、方氏云鳚(*Pholis fangi*)、青鳞鱼(*Sardinella zunasi*),其次为日本枪乌贼(*Loligo japonica*)、玉筋鱼(*Ammodytes personatus*)、黄道蟹(*Canceridae* sp.)等。张波等^[7]根据2000—2001年对东、黄海6种鳗的食性研究发现,星康吉鳗主要摄食鱼类,其中鳀最多;其次是长尾类,其中以脊腹褐虾(*Crangon affinis*)为最多。唐逸民等^[34]对浙江北部近海星康吉鳗的生物学特性与资源分布的研究中,星康吉鳗摄食种类依次为鱼类、长尾类、短毛类、头足类、腹足类以及多毛类等。而本研究中海州湾星康吉鳗摄食的主要饵料类群依次是虾类、鱼类和头足类,主要优势饵料种类为鲜明鼓虾、尖海龙、枪乌贼、矛尾虾虎鱼等。与以往的研究相比^[7, 21, 34],虽然星康吉鳗摄食的主要饵料生物类群变化不大,但是其优势饵料生物却发生了较大的变化,食物组成中高营养级的饵料生物比例降低,而小型、低营养层次的饵料生物增加,因此,饵料生物组成的变化也是导致营养级差异的主要原因之一。除此之外,不同海区星康吉鳗摄食饵料生物也不同,可能也是导致营养级差异的原因之一,其他鱼类也存在类似的现象^[35]。

星康吉鳗营养级存在季节变化,主要与其各

季节摄食饵料类群的变化有关,如秋季主要摄食鱼类和头足类等营养级较高的饵料生物,而春季则以虾类等营养级较低的饵料生物为食。鱼类的营养级随体长的变化是一种普遍现象,通常幼鱼营养级较低,成鱼营养级较高,海州湾不同肛长的星康吉鳗也存在这种现象。

综上所述,海州湾星康吉鳗摄食的饵料种类多样,且存在明显的季节和肛长变化,主要与其栖息海域中优势饵料生物的种类和丰度有关;其营养级的变化也反映了基础饵料生物趋于小型化、低营养层次化。因此,通过定期监测星康吉鳗的摄食可间接了解海州湾基础饵料生物种类和数量的变动情况,同时也为食物网的构建和生态系统营养动力学研究提供基础资料。

参考文献:

- [1] Zhu Y D, Zhang C L, Cheng Q T. Fishes of East China Sea [M]. Beijing: Science Press, 1963. [朱元鼎, 张春霖, 成庆泰. 东海鱼类志[M]. 北京: 科学出版社, 1963.]
- [2] Tang Y L, Sun G W, Zhao T Y, et al. Mesh size selectivity of *Conger myriaster* pot[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(1): 136–142. [唐衍力, 孙国微, 赵同阳, 等. 星康吉鳗笼网目选择性研究[J]. 中国水产科学, 2010, 17(1): 136–142.]
- [3] Matsui K. Ell (Biology research of ell)[M]. Tokyo: Kouseisha Kouseikaku Co., Ltd. Press, 1972. [松井魁. 鳗学(生物学研究篇)[M]. 东京: 恒星社厚生阁, 1972.]
- [4] Yoshinobu I. Ecological study of the conger eel *Astroconger myriaster* (Brevoort) in the Seto Inland Sea-1[J]. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 1960, 26(1): 1–8. [伊佐良信. マアナゴの生態学的研究-1[J]. 日本水产学会誌, 1960, 26(1): 1–8.]
- [5] Ge C Z, Liang Z L, Dong H Z. Mesh size selectivity of white spotted ellpot in coast of Japan[J]. South China Fisheries Science, 2006, 2(1): 58–61. [葛长宇, 梁振林, 东海正. 日本沿海捕鳗笼的网目选择性[J]. 南方水产科学, 2006, 2(1): 58–61.]
- [6] Wang J X, Zhao X F, Fan C L, et al. Study on karyotype of *Conger myriaster*[J]. Sichuan Journal of Zoology, 1993, 12(2): 14–15. [王金星, 赵小凡, 范春雷, 等. 星康吉鳗染色体组型研究[J]. 四川动物, 1993, 12(2): 14–15.]
- [7] Zhang B, Tang Q S. Feeding habits of six species of eels in East China Sea and Yellow Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 2003, 27(4): 307–314. [张波, 唐启升. 东、黄海六种

- 鳗的食性[J]. 水产学报, 2003, 27(4): 307–314.]
- [8] Cortés E. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks[J]. ICES J Mar Sci, 1999, 56(5): 707–717.
- [9] Martinho F, Sá C, Falcão J, et al. Comparative feeding ecology of two elasmobranch species, *Squalus blainville* and *Scyliorhinus canicula*, off the coast of Portugal[J]. Fish Bull, 2012, 110(1): 71–84.
- [10] Su W, Xue Y, Ren Y P. Temporal and spatial variation in taxonomic diversity of fish in Haizhou Bay: The effect of environmental factors[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20(3): 624–634.[苏巍, 薛莹, 任一平. 海州湾海域鱼类分类多样性的时空变化及其与环境因子的关系[J]. 中国水产科学, 2013, 20(3): 624–634.]
- [11] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of China. Specification for Oceanographic Survey. Part 6: Marine Organism Analysis[M]. Beijing: China Standards Press, 2007. [中国国家质量监督检验检疫总局. 海洋调查规范. 第6部分: 海洋生物调查 GB/T12763–2007[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007.]
- [12] Hyslop E J. Stomach contents analysis—a review of methods and their application[J]. J fish Biol, 1980, 17(4): 411–429.
- [13] Cortés E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes[J]. Can J Fish Aquat Sci, 1997, 54(3): 726–738.
- [14] De Vlaming V, Grossman G D, Chapman F. On the use of the gonadosomatic index[J]. Comp Biochem Physiol, 1982, 73: 31–41.
- [15] Odum W E, Heald E J. The detritus-based food web of an estuarine community[J]. Estuar Res: Chem Biol Estuar System, 1975(1): 265–286.
- [16] Jiming Y. A tentative analysis of the trophic levels of North Sea fish[J]. Mar Ecol Prog Ser, 1982(7): 247–252.
- [17] Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, et al. Fishing down marine food webs[J]. Science, 1998, 279(5352): 860–863.
- [18] Clarke K R, Gorley R N. PRIMER v5: User Manual/Tutorial. Plymouth, UK: PRIMER-E Limited, 2001.
- [19] Schafer L N, Platell M E, Valesini F J, et al. Comparisons between the influence of habitat type, season and body size on the dietary compositions of fish species in nearshore marine waters[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2002, 278(1): 67–92.
- [20] Zar J H. Biostatistical analysis[M]. Pearson Education India, 1999.
- [21] Wei S, Jiang W M. Study on food web of fishes in the Yellow Sea[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 1992, 23(2): 182–192.[韦晟, 姜卫民. 黄海鱼类食物网的研究[J]. 海洋与湖沼, 1992, 23(2): 182–192.]
- [22] Zhang B. Preliminary studies on marine food web and trophodynamics in China coastal seas[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2005.[张波. 中国近海食物网及鱼类营养动力学关键过程的初步研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005.]
- [23] Xue Y. Studies on the feeding ecology of dominant fishes and food web of fishes in the central and southern Yellow Sea[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2005.[薛莹. 黄海中南部主要鱼种摄食生态和鱼类食物网研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005.]
- [24] Zhao M M, Xu Z L. Abundance and distribution of shrimps in different seasons in the southern Haizhou Bay of Jiangsu Province[J]. Marine Science Bulletin, 2012, 31(1): 38–44.[赵蒙蒙, 徐兆礼. 海州湾南部海域不同季节虾类数量及其分布特征[J]. 海洋通报, 2012, 31(1): 38–44.]
- [25] Zhang Y Y. Spatial and temporal variations of macro-invertebrate community structure and diversity in Haizhou Bay and adjacent waters[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2005.[张怡晶. 海州湾及邻近海域大型无脊椎动物群落结构及多样性的时空变化[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.]
- [26] Schafer L N, Platell M E, Valesini F J, et al. Comparisons between the influence of habitat type, season and body size on the dietary compositions of fish species in nearshore marine waters[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2002, 278(1): 67–92.
- [27] Han D Y, Xue Y, Ji Y P, et al. Feeding ecology of *Amblychaeturichthys hexanema* in Jiaozhou Bay, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2013, 24(5): 1446–1452.[韩东燕, 薛莹, 纪毓鹏, 等. 胶州湾六丝钝尾虾虎鱼的摄食生态特征[J]. 应用生态学报, 2013, 24(5): 1446–1452.]
- [28] Xue Y, Xu B D, Gao T X, et al. Preliminary study on feeding ecology of *Liparis tanakae* in north Yellow Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(5): 1066–1074.[薛莹, 徐宾铎, 高天翔, 等. 北黄海细纹狮子鱼摄食生态的初步研究[J]. 中国水产科学, 2010, 17(5): 1066–1074.]
- [29] Xue Y, Jin X S. Review of the study on feeding habits of fishes and food webs[J]. Marine Fisheries Research, 2003, 24(2): 76–87.[薛莹, 金显仕. 鱼类食性和食物网研究评述[J]. 海洋水产研究, 2003, 24(2): 76–87.]
- [30] Zhang B, Tang Q S. Study on trophic level of important resources species at high trophic levels in the Bohai Sea, Yellow Sea and East China Sea[J]. Advances in Marine Science, 2004, 22(4): 393–404.[张波, 唐启升. 渤、黄、东海高营养层次重要生物资源种类的营养级研究[J]. 海洋科学进展, 2004, 22(4): 393–404.]
- [31] Li Z Y, Zuo T, Dai F Q, et al. Trophic level analysis of organisms from Changjiang estuary and adjacent waters of southern Yellow Sea in spring with stable isotope technology

- [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(1): 103–109. [李忠义, 左涛, 戴芳群, 等. 运用稳定同位素技术研究长江口及南黄海水域春季拖网渔获物的营养级[J]. 中国水产科学, 2010, 17(1): 103–109.]
- [32] Post D M. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods and assumptions[J]. Ecology, 2002, 83(3): 703–718.
- [33] Hill A M, Sinars D M, Lodge D M. Invasion of an occupied niche by the crayfish *Orconectes rusticus*: Potential importance of growth and mortality[J]. Oecologia, 1993, 94(3): 303–306.
- [34] Tang Y M, Wu C W. On biology habits and resources distribution of common Japanese conger *Astroconger myriaster* [J]. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 2005, 6(1): 19–26. [唐逸民, 吴常文. 星鳗 *Astroconger myriaster* (Brevoort) 的生物学特性与资源分布[J]. 浙江水产学院学报, 2005, 6(1): 19–26.]
- [35] Hong Q Q, Zhuang P, Yang G, et al. Feeding habits of *Lateolabrax maculatus* in Yangtze River estuary[J]. Acta Ecological Sinica, 2012, 32(13): 4181–4190. [洪巧巧, 庄平, 杨刚, 等. 长江口中国花鲈食性分析[J]. 生态学报, 2012, 32(13): 4181–4190.]

Feeding ecology of *Conger myriaster* in Haizhou Bay

LIU Xifang, LIU He, XUE Ying, JI Yupeng, LI Shiyan, HAN Dongyan, MA Qiuyun

Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China

Abstract: Seasonal bottom-trawl surveys were conducted in Haizhou Bay, China from March to December 2011. A total of 516 *Conger myriaster* stomach samples were analyzed to study their feeding ecology, including diet composition, feeding type, feeding intensity, trophic niche, and trophic level. The results show that the prey items of *C. myriaster* included more than 40 species, and fish, decapods, and cephalopods were the dominant prey groups. *Syngnathus acus*, *Chaeturichthys stigmatias*, *Alpheus distinguendus*, and *Loligo* sp. were the major prey species of *C. myriaster*. Benthic animals were the dominant *C. myriaster* prey type, followed by swimming animals. The diet composition of *C. myriaster* had clear seasonal and length variations, and fish and shrimp were the major prey groups throughout all four seasons, whereas cephalopods were the most important prey during autumn. *Loligo* sp. were the dominant prey group of the *C. myriaster* with anal length < 70 mm, whereas *Callionymus beniteguri* and *A. distinguendus* were the dominant prey groups of the 70–99 mm *C. myriaster*. *Loligo* sp., *Syngnathus acus*, and *A. distinguendus* were the dominant prey groups of the *C. myriaster* > 99 mm. Percent of empty stomach and mean stomach fullness index of *C. myriaster* varied seasonally. The lowest and highest percent of empty stomach occurred in summer and spring, respectively. The mean stomach fullness index was lower in spring and higher in autumn. The *C. myriaster* trophic level was 4.17, indicating that it was in a high trophic position in the Haizhou Bay food web. The feeding ecology of *C. myriaster* varied seasonally and ontogenetically, which was mainly due to variations of dominant prey species. These results will help with assessments of prey abundance and species changes and provide basic information for building a food web and understanding the trophic dynamics in the Haizhou Bay ecosystem.

Key words: Haizhou Bay; *Conger myriaster*; feeding ecology; feeding intensity; trophic level

Corresponding author: XUE Ying. E-mail: xueying@ouc.edu.cn