

枸杞岛海藻场褐菖鲉的摄食习性

王凯, 章守宇*, 汪振华, 许敏, 赵静, 王蕾

(上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要:2007年8月至2008年6月对枸杞岛海藻场生态系统4个盛衰阶段展开调查,共获得297个褐菖鲉样本,对其胃含物进行分析,以研究褐菖鲉摄食习性及其随藻场盛衰、体长的变化规律。结果表明,褐菖鲉的摄食强度很低,空胃率和平均饱满指数随藻场盛衰有显著变化($P < 0.05$),空胃率随体长的变化不显著($P > 0.05$),平均饱满指数在小于100.0 mm各体长组间无显著差异($P > 0.05$);褐菖鲉是底栖生物食性鱼类,食物种类有端足类、虾类、蟹类、棘皮类、多毛类等12大类29种生物,端足类是(%IRI为97.03%)是褐菖鲉最重要的摄食种类;褐菖鲉食物种类随藻场盛衰而变化,在海藻场增长期和茂盛期两个阶段主要摄食虾类和蟹类,在海藻场持续期和衰减期主要摄食端足类;食物种类随体长变化,体长<80.0 mm的褐菖鲉主要摄食端足类等,体长在80.0~99.9 mm的褐菖鲉主要摄食虾类和蟹类,体长大于100.0 mm的褐菖鲉主要摄食鱼类和端足类。

关键词:褐菖鲉;食性;海藻场;枸杞岛

中图分类号:Q 958.8; S 917

文献标识码:A

枸杞岛海藻场位于浙江省嵊泗县马鞍列岛东部海域,由潮间带下区和潮下带浅水区的铜藻、鼠尾藻、瓦氏马尾藻等大型底栖海藻组成,藻场平均宽幅约20 m,外缘水深5~10 m,环岛总长约17.5 km。海藻场内渔业资源生物丰富,其中褐菖鲉 *Sebasticus marmoratus* (Cuvier) 具有很大的生物量优势,章守宇等^[1]对该海藻场夏秋季渔业资源变化的研究表明,褐菖鲉是海藻场的优势种。褐菖鲉属鲉形目(Scorpaeniformes),鲉科(Scorpaenidae),菖鲉属(*Sebasticus*),为暖温性底层鱼类,生活在近海底岩礁地带,卵胎生,性凶猛,肉质细嫩可口,具有很高的经济价值和旅游开发潜力。在枸杞岛及邻近海域,褐菖鲉为当地钓作业和刺网作业的主要渔获物,也是当地和外来者休闲游钓的最主要品种。近几年,由于嵊泗地区海洋旅游业持续升温等原因,导致该海域褐菖鲉等渔业生物资源面临的捕捞压力增大;同时,近岸贻贝等养殖业规模不断增大又对褐菖鲉等以海藻

场为重要索饵及保育场的栖息地生态造成负面影响,当地褐菖鲉的种群结构已出现个体向小型化转变的趋势^[1-2]。局部海域的生物群落构成与它们的栖息地环境特征及食物网结构有很大关系,因而作为海洋食物网基础的鱼类食性研究在国内外开展得较多^[3-7],这些研究对于我们正确认识海洋生态系统动态变化、合理开发利用海洋资源等都具有非常重要的意义^[8-9]。褐菖鲉作为我国近岸岩礁海域最常见的易钓捕经济种类,随着二十世纪九十年代海洋休闲游钓的兴起而受到关注,国内现有的研究焦点多集中在生物学方面^[10-13],但对其食性的研究很少^[14-15],尚未见一定环境条件下褐菖鲉食性研究的报道。因而,我们目前还不能正确认识褐菖鲉种类在我国近岸(至少是某些特定的)岩礁海域生物群落中的生态地位及作用,也不利于褐菖鲉资源在渔业、旅游等产业中的合理开发。根据大型底栖海藻的生长周期,该海藻场生态系统年度盛衰可分为5个时

收稿日期:2009-05-13 修回日期:2009-06-25

资助项目:国家自然科学基金项目(30871924);“十一五”国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA100303);上海市重点学科建设项目(J50702)

通讯作者:章守宇, Tel:021-61900336, E-mail: syzhang@shou.edu.cn

期:12月到次年1月为“休眠期”,2月至4月为“增长期”,5月为“茂盛期”,6月至7月为“持续期”,8月至11月为“衰减期”^[16]。本研究以枸杞岛海藻场增长期至衰退期之间的褐菖鲉为研究对象,就其摄食强度、食物种类组成及其随海藻场系统的盛衰周期的变化等进行分析,探索褐菖鲉在海藻场生态系统中的地位以及海藻场在褐菖鲉的食物保障、养护场所等方面的生态功能,以期为建立枸杞岛海藻场生态系统的营养结构与能流模型等提供基础数据,并为合理开发利用褐菖鲉等岩礁性鱼类资源提供参考。

1 材料与方 法

1.1 调查站点及时间

调查在枸杞岛后头湾海藻场(122°45.787'E, 30°43.235'N)进行,根据海藻场宽幅,在距岸5 m到20 m范围内共设置3个站点,调查时间根据海藻场系统的盛衰变化分别安排在衰减期(2007年8月)、增长期(2008年3月)、茂盛期(2008年5月)和持续期(2008年6月)。

1.2 调查网具

调查用三重刺网,每顶长15 m,高1.5 m,中间层网目目大25 mm,外层网目目大210 mm。调查时每5顶组成一片,共3组,与岸平行放置在海藻场的上述3个站点,放网时间为18:00,起网时间为次日06:00。

1.3 胃含物分析

4次调查共获得297个褐菖鲉样本,按照《海洋生物资源和环境调查规范》(1997)^[17]进行生物学测定后(表1),将其消化道取出编号,用5%的甲醛溶液保存。胃含物分析时先用吸水纸吸去水分,然后用电子称(精度0.001 g)称重并计数。对个体较大且消化程度较低的胃含物通过形态进行鉴别,消化较为充分的通过耳石、鳞片、眼球等一些器官进行分析鉴定;对个体较小的胃含物利用双筒显微镜(>40×)进行观察。食物种类尽可能鉴定最低分类单元。为分析不同大小个体褐菖鲉摄食的差异,本文将所得到的样本以10 mm为组距进行体长分组,共分为6个体长组:50.0~59.9、60.0~69.9、70.0~79.9、80.0~89.9、90.0~99.9和≥100.0 mm。

1.4 定量指标

摄食强度 摄食强度用空胃率和饱满指数评价^[18]:

$$\text{空胃率}(\%) = (\text{空胃数} / \text{总胃数}) \times 100$$

$$\text{饱满指数} = \text{食物团实际重量}(\text{g}) / \text{鱼体体长}(\text{cm}) \times 100$$

选用该饱满指数是因为胃含物的重量与鱼体体长之间比其与鱼体体重之间有较好的相关性^[19],并可以减少繁殖季节体重变化对该指数的影响^[18]。

表1 褐菖鲉的样品数、体长和体重

Tab.1 Sample number, size and weight range of *S. marmoratus*

采样时期 period	样品数(空胃数) sample numbers (empty)	体长(mm) body length		体重(g) body weight	
		范围 range	平均 mean	范围 range	平均 mean
增长期 booming period	68(54)	58.1~102.5	69.1±7.9	4.9~25.9	7.7±3.8
茂盛期 flourish period	86(50)	61.2~128.6	75.7±15.3	5.6~69.6	13.4±13.7
持续期 lasting period	40(25)	59.5~121.6	70.3±23.5	8.7~58.7	14.5±12.7
衰减期 decay period	103(53)	53.0~137.0	70.6±16.1	4.4~83.7	12.9±13.2

食物成份组成 食物成份组成表示指标有数量百分比(W%)、重量百分比(N%)、出现频率(F%)^[20]:

重量百分比(W%) = 某成分的重量/所有成分的重量 × 100;

数量百分比(W%) = 某成分的个数/所有成分的总个数 × 100;

出现频率(F%) = 某成分出现的次数/鱼胃总数 × 100。

相对重要性指数百分比(%IRI)来评价食物成份重要性:

$$\%IRI = (IRI / \sum IRI) \times 100$$

其中,相对重要性指数(IRI) = (W% + N%) × F% × 10⁴。

褐菖鲉食性用食物成分的出现频率百分比组成评价^[20]:

$$\text{出现频率百分比组成}(\%F) = F_i\% / \sum F_i \times 100$$

($i=1,2,3\cdots,n$, n 为饵料种类数)

营养级

营养级采用下列公式计算^[21]:

$$TL_i = 1 + \sum_{j=1}^n DC_{ij} TL_j$$

式中, TL_i 为生物 i 的营养级; TL_j 为生物 i 摄食的食物 j 的营养级。计算使用的初始营养层次(绿色植物)营养级数采用目前国际通用的营养级划分标准,即将第 1 营养层次的绿色植物定为 1 级,植食者为第 2 营养层次(初级消费者),营养级定为 2 级,以植食动物为食的肉食动物为第 3 营养层次(次级消费者),营养级定为 3 级,依次类推。 DC_{ij} 为饵料种类 j 在生物 i 食物中所占的比例,本研究用食物成分的出现频率百分比组成表示。

1.5 数据处理

为便于分析褐菟鲍食物组成随海藻场盛衰和体长的变化,本文将其食物种类归类:将以海藻场中的浮游、底栖生物和碎屑为食物的鱼类、虾类和蟹类分别划分为一类,端足类(生物量随藻场盛衰变化明显, %IRI 为 97.03%)和其他类(主要为海藻场中的底栖生物,包括多毛类、口足类、棘皮类、等足类等),共划分为 5 个大类。

文中数据使用 SPSS 13.0 进行统计,用 χ^2 检验和 LSD 多重比较法分别研究褐菟鲍空胃率和平均胃饱满指数随海藻场盛衰周期和体长的变化情况,并利用该软件进行聚类分析,以 Euclidean Distance 计算样本距离,分析不同体长组间摄食相似情况。

2 结果

2.1 摄食强度

褐菟鲍的摄食强度处于较低的水平,总体空胃率为 61.3%,空胃率随海藻场的盛衰变化而变化,增长期(3 月)最大,为 79.4%,衰退期(8 月)最小,为 51.5%。平均胃饱满指数范围较大(0.44~1.32),增长期最小(0.44),衰退期最大(1.32)。检验表明,空胃率随海藻场的盛衰有显著变化($P < 0.05$),平均胃饱满指数在增长期、持续期和衰退期之间以及茂盛期、持续期和衰退期之间差异显著($P < 0.05$)。

各体长组褐菟鲍的空胃率都很大(图 2),除 90.0~99.9 mm 体长组较小外(50.0%),其他各体长组的空胃率都在 60.0% 以上,其中 70.0~

79.9 mm 体长组的空胃率最大,为 69.6%,大于 80.0 mm 体长的褐菟鲍的空胃率低于 50.0~79.9 mm 体长组。平均饱满指数以 ≥ 100 mm 的体长组较大(0.54),其他体长组的平均饱满指数变化幅度不大(0.10~0.26)。检验表明,空胃率随体长的变化不显著($P > 0.05$),平均胃饱满指数在 50.0~99.9 mm 间的差异不显著($P > 0.05$), ≥ 100 mm 体长组与其他体长组的差异达到显著水平($P < 0.05$)。

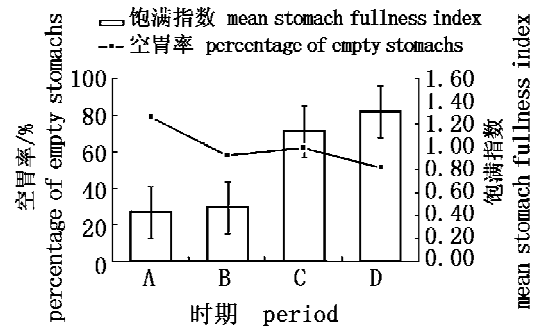


图 1 褐菟鲍平均饱满指数和空胃率随海藻场不同时期的变化

A: 增长期; B: 茂盛期; C: 持续期; D: 衰退期。

竖线表示标准误差。

Fig. 1 Period variations in the mean stomach fullness index and percentage of empty stomachs of *S. marmoratus*

A: booming period; B: flourish period; C: lasting period; D: decay period.

Vertical bars indicate S E.

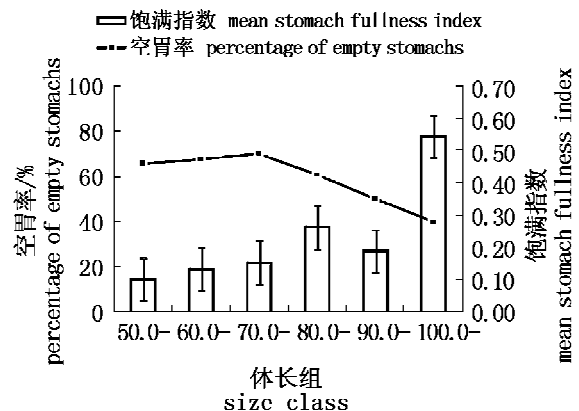


图 2 褐菟鲍平均饱满指数和空胃率随体长的变化
竖线表示标准误差。

Fig. 2 Mean stomach fullness index and percentage of empty stomachs for each size class of *S. marmoratus*

Vertical bars indicate S E.

2.2 食物组成

经实验室分析,海藻场褐菖鲉饵料生物种类十分广泛,主要有端足类、鱼类、虾类、蟹类、棘皮

类、多毛类等 12 大种类共 29 种,其种类组成、数量百分比、重量百分比等见表 2。

表 2 枸杞岛海藻场褐菖鲉食物组成

Tab. 2 The diet composition of *S. marmoratus* in the Gouqi Island

食物种类 prey item	N%	F%	W%	% IRI
鱼类 Fish	1.40	5.71	35.20	0.87
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	0.70	2.86	12.06	0.29
半线天竺鲷 <i>Apogon semilineatus</i>	0.23	0.95	20.91	0.52
不可辨认鱼类 unidentified fish	0.47	1.90	2.24	0.07
口足类 Stomatopoda	0.23	0.95	0.01	+
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	0.23	0.95	0.01	+
等足类 Isopoda	0.23	0.95	0.06	+
海蟑螂幼虫 <i>Ligia exotica</i>	0.23	0.95	0.06	+
端足类 Amphipoda	79.95	82.86	39.99	97.03
麦杆虫 <i>Caprella</i> sp.	66.90	64.76	33.42	92.00
跳钩虾 <i>Orchestia</i> sp.	13.05	18.10	6.57	5.03
虾类 Shrimps	5.36	19.05	9.33	0.71
鞭腕虾 <i>Lysmata vittata</i>	0.23	0.95	0.81	0.08
中国毛虾 <i>Aceus chinensis</i>	1.40	4.76	0.45	0.06
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	0.70	2.86	3.37	0.16
哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	0.93	3.81	0.59	0.12
中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i> (H. Milne Edwards)	0.47	1.90	1.77	0.01
不可辨认虾类 unidentified shrimps	1.63	4.76	2.34	0.27
蟹类 Crabs	7.23	26.67	12.48	1.16
绵蟹 <i>Dromia dehaani</i>	0.47	1.90	1.15	0.01
日本蜆 <i>Charybdis japonica</i>	0.93	3.81	3.32	0.08
锐齿蜆 <i>Charybdis acuta</i>	0.47	1.90	1.06	0.18
寄居蟹 <i>Pagurus</i>	0.23	0.95	1.35	0.04
形拳蟹 <i>Philyra pisum</i>	0.93	2.86	3.51	0.23
日本矶蟹 <i>Pugettia nipponensis</i>	1.17	3.81	0.31	0.02
细纹爱洁蟹 <i>Atergatis reticulata</i>	0.47	0.95	0.64	0.04
不可辨认蟹类 unidentified crabs	2.56	10.48	1.13	0.55
棘皮类 Echinodermata	0.93	3.81	0.72	0.06
滩息阳遂足 <i>Amphiura vadicola</i>	0.70	2.86	0.68	0.06
哈氏刻肋海胆 <i>Temnopleurus hardwickii</i>	0.23	0.95	0.04	+
多毛类 Polychaeta	1.63	4.76	0.52	0.07
长吻沙蚕 <i>Glycera chiroi</i>	0.70	1.90	0.22	0.02
短毛海鳞虫 <i>Halosydna brevisetosa</i>	0.93	2.86	0.30	0.05
瓣鳃类 Lamellibranchiata	1.16	1.90	0.61	0.02
嫁虫戚 <i>Cellana toreuma</i>	0.23	0.95	0.02	+
贻贝 <i>Mytilus edulis</i>	0.93	0.95	0.59	0.02
腹足类 Gastropoda	0.70	2.85	0.29	0.03
扁玉螺 <i>Nererita didyma</i>	0.23	0.95	0.17	0.01
不可辨认螺类 unidentified snails	0.47	1.90	0.12	0.02
蔓足类 Cirripede	0.23	0.95	0.05	+
藤壶 <i>Balanus</i> sp.	0.23	0.95	0.05	+
海藻 Seaweed	0.70	2.86	0.59	0.03
孔石莼 <i>Ulva pertusa</i> Kjellm	0.47	1.90	0.59	0.03
厚膜藻 <i>Pachymenia carnosa</i> J. Ag.	0.23	0.95	+	+

注: + 表示所占比例小于 0.01%。

Notes: + indicates the ratio was smaller than 0.01%.

由表 2 中的各个指标值可以看出,端足类是绝对优势摄食大类(%IRI 为 97.03%),其数量百分比(79.95%)、出现频率(82.86%)和重量百分比(39.99%)均为最大值。其中麦秆虫是最重要的摄食种类(%IRI 为 92.00%),其数量百分比(66.90%)、出现频率(64.76%)和重量百分比(33.42%)在所有食物种类均为最大值;跳钩虾为第二重要摄食种类(%IRI 为 5.03%),其数量百分比(13.05%)、出现频率(18.10%)和重量百分比(6.57%)仅次于麦秆虫;蟹类为第二摄食大类(%IRI 为 1.16%),以豆形拳蟹(%IRI 为 0.23%)和锐齿螳(%IRI 为 0.18%)为主要代表摄食种类;鱼类(%IRI 为 0.87%)为第三大摄食大类,但种类较少,以鲢(%IRI 为 0.29%)和半线天竺鲷(%IRI 为 0.52%)为代表;再次为虾类(%IRI 为 0.71%),以鲜明鼓虾(%IRI 为 0.16%)、中国毛虾(%IRI 为 0.08%)和哈氏仿对虾(%IRI 为 0.12%)为主要代表摄食种类;棘皮类(%IRI 为 0.06%)和多毛类(%IRI 为 0.07%)等很少被摄食,而海藻、瓣鳃类、口足类、等足类和蔓足类则偶尔被摄食。

按照褐菖鲉饵料生物出现频率百分比组成,主要摄食底栖生物,其 $F\%$ 为 96.3%,其中端足类为 53.7%,蟹类为 17.3%,虾类为 12.3%,其他种类的比例均小于 10.0%,褐菖鲉属于底栖生物食性鱼类。

2.3 食物组成随藻场盛衰周期的变化

按照褐菖鲉食物种类大类划分方法,褐菖鲉在海藻场增长期(3月)和茂盛期(5月)两个阶段主要摄食虾类(%IRI 分别为 22.96%和36.34%)和蟹类(%IRI 分别为 49.89%和 32.90%),以中国毛虾、鲜明鼓虾、日本螳和豆形拳蟹为代表种类,其次为端足类(%IRI 分别为 16.28%和 7.22%),以麦秆虫和跳钩虾为代表种类,其他类也占有一定的比例,主要为多毛类中的长吻沙蚕和短毛海磷虫以及口足类的口虾蛄。鱼类在增长期(3月)没有发现被摄食,茂盛期(5月)有鲢被摄食(%IRI 为 5.33%)。褐菖鲉在海藻场持续期(6月)主要摄食端足类(%IRI 为 99.85%),其中麦秆虫(%IRI 为 99.76%)所占比例最大($F\%$ 为 100%、 $W\%$ 为 93.96%),其次为其他类(%IRI 为 0.14%),同时褐菖鲉也摄食少量的虾类(%IRI 为 0.02%),鱼类和蟹类则没有发现被摄食。在

海藻场衰减期(8月),褐菖鲉的食物种类仍以端足类为主(%IRI 为 94.92%),其次为鱼类(%IRI 为 3.03%),以鲢、半线天竺鲷为代表种类,蟹类和虾类的比例很小(%IRI 分别为 1.52%和 0.49%),而其他一些种类(如海藻)只是偶尔出现在胃含物中。

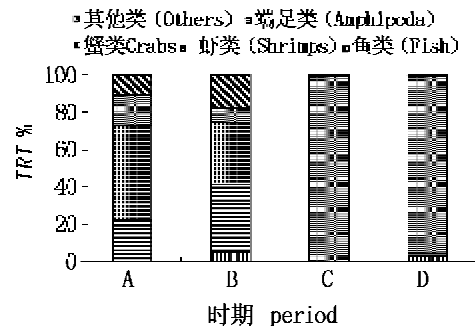


图 3 褐菖鲉主要食物种类%IRI 随海藻场不同时期的变化

A: 增长期; B: 茂盛期; C: 持续期; D: 衰减期。

Fig. 3 Period variations in the %IRI for major prey groups to the diet of *S. marmoratus*

A: booming period; B: flourish period; C: lasting period; D: decay period.

2.4 食物组成体长变化

褐菖鲉的摄食种类随体长变化有所不同,端足类是各个体长组的主要摄食种类,但所占比重有所变化。50.0~59.9 mm 体长范围的褐菖鲉主要摄食端足类和蟹类,%IRI 分别为 95.01%和 4.37%,主要代表种类为麦秆虫。60.0~69.9 mm 体长范围的褐菖鲉主要摄食端足类、蟹类和虾类,%IRI 分别为 88.95%、5.73%和 4.29%,主要代表种类有日本矶蟹和鲜明鼓虾。70.0~79.9 mm 体长范围的褐菖鲉主要摄食端足类和其他类,%IRI 分别为 73.46%和 16.52%,虾类也占一定的比例,%IRI 为 7.55%,主要代表种类有麦秆虫、日本螳和短毛海磷虫。80.0~89.9 mm 体长范围的褐菖鲉主要摄食蟹类和端足类,%IRI 分别为 55.43%和 37.05%,主要代表种类有日本矶蟹和麦秆虫。体长组 90.0~99.9 mm 的褐菖鲉主要摄食蟹类、端足类和其他类,%IRI 分别为 35.68%、31.30%和 24.14%,主要代表种类有锐齿螳、日本矶蟹、麦秆虫和长吻沙蚕。体长 ≥ 100.0 mm 的褐菖鲉主要摄食鱼类(%IRI 为 66.66%)和端足类(%IRI 为 26.19%),主要代表种类有半线天竺鲷和麦秆虫。

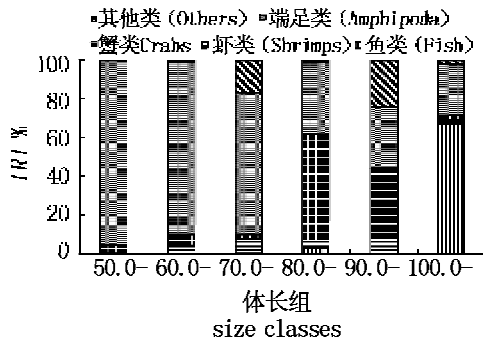


图4 褐菖鲉主要食物种类的%IRI随体长的变化
Fig.4 Variations in the %IRI for major prey groups to the diet of each size class of *S. marmoratus*

不同体长组间食物相似性聚类图可以看出,按照重新标定距离,6个体长组的褐菖鲉可以分为3组,50.0~79.9 mm、80.0~99.9 mm和≥100.0 mm。

2.5 营养级

由营养级计算公式并对部分饵料种类的营养级进行修订^[21],计算得到海藻场褐菖鲉的平均营养级为3.35。

3 讨论

3.1 褐菖鲉摄食强度的影响因素

褐菖鲉的摄食强度总体处于较低的水平,空胃率达61.3%,吴常文^[2]在研究浙江舟山海域褐菖鲉的生物学时报导其空胃率为63.4%。鱼类的食性及其摄食行为受其摄食器官的形态特征、生理活动如产卵、越冬等以及环境生态因子如食物保障、水温等影响^[8,22]。褐菖鲉生活的适宜温度范围为13~26℃^[12],根据同步对海藻场的水文调查,海藻场增长期的海水温较低(11.0℃),一

定程度上限制了褐菖鲉的摄食活动,该时期的空胃率高达79.4%。舟山海域褐菖鲉在2~5月份处于繁殖期^[11],本研究中,海藻场茂盛期(5月份)收集到的27个性腺成熟度达到II期以上的雌性褐菖鲉样本中,空胃数达18个,空胃率为66.7%。枸杞岛海藻场的盛衰随海水温度的变化而变化,铜藻、孔石莼、裙带菜等是当地的优势种^[23],在茂盛期藻场中的铜藻、裙带菜和瓦氏马尾藻等藻类的生物量很大,海藻场潮下带支撑生物海藻的总重量生物量约为522.6吨,总数量生物量为 7.964×10^6 株^[16],藻场中附着海藻上并以海藻和碎屑为食物的麦秆虫、跳钩虾等生物的数量也随着变化^[24],造成在海藻场增长期可供褐菖鲉摄取的食物种类和数量均较少,而在茂盛期、持续期和衰退期可供褐菖鲉摄取的食物种类和数量相对较多,摄食强度有所增加。褐菖鲉摄食强度在不同大小个体间有所差异,体长在50.0~79.9 mm个体的摄食强度小于体长在80.0 mm以上的个体,这与褐菖鲉的生长有较大关系,体长较小的个体处于快速生长阶段,消化能力强,且捕食能力不及较大的个体,50.0~79.9 mm的个体主要摄食端足类等小型低等生物,相对于虾类、蟹类等更容易被消化,造成小个体褐菖鲉的空胃率高于大个体褐菖鲉,而平均胃饱满指数则相反。褐菖鲉的消化能力与肠胃的结构有密切关系^[14],石戈等^[13]研究表明褐菖鲉强大的消化能力与其胃幽门和幽门盲囊强大的消化酶活性有关,能够将食物很快消化掉,这可以在一定程度上解释褐菖鲉为什么具有很高的空胃率。此外,本研究中所取样品来自刺网渔获,在起放网时间间隔内,褐菖鲉由于被刺挂的时间不同,部分饵料生物在保存消化道前已被消化,这都会造成空胃率偏高。

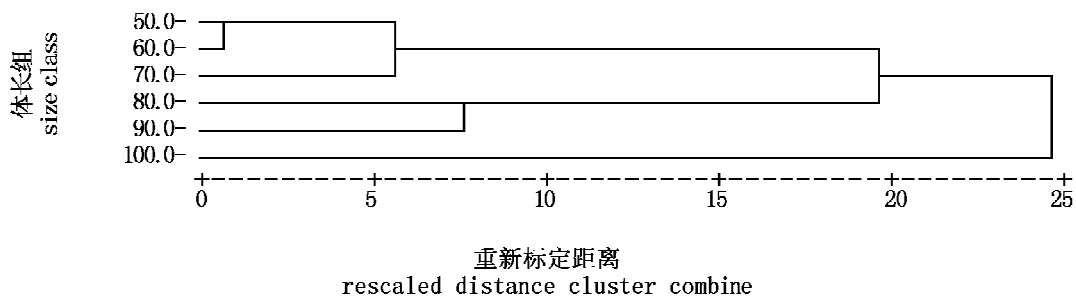


图5 褐菖鲉各体长组食物组成的聚类图
Fig.5 Dendrogram of dietary composition between size classes of *S. marmoratus*

3.2 褐菖鲉的食性及海藻场的生态功能

对于鱼类食性的划分,目前尚未有统一的评价标准。杨纪明^[3]以饵料重量百分比来划分食性,但多数研究者使用出现频率百分比这个指标,张波^[20]采用该指标并将超过出现频率百分比组成 60% 的种类作为主要摄食对象,并以主要摄食对象所属的生态类群来划分食性,本研究依此指标将海藻场中褐菖鲉划分为底栖生物食性鱼类。褐菖鲉的食性跟外界环境有很大关系,张雅芝等^[14]研究表明,东山湾海域(位于台湾海峡的西岸,海湾三面为山丘环抱,湾顶有漳江入海,湾口朝南,是一个半封闭的海湾,有大片的潮间泥滩和红树林沼泽地)褐菖鲉主要摄食短尾类(方蟹、豆蟹等)、长尾类(管鞭虾等)、蛇尾类和鱼类,属于底栖生物食性。黄良敏等^[15]研究表明,厦门东海域(属内海,包括同安源海域,是厦门水产养殖的重要基地)褐菖鲉主要摄食长尾类(鼓虾、对虾)、磷虾类、短尾类、樱虾类、鱼类、口足类(虾蛄)和多毛类,属于底栖生物和游泳动物食性。本研究所得结论与上述两学者在褐菖鲉食物种类组成上存在较大差异,枸杞岛海藻场中褐菖鲉食物种类中端足类(% IRI 为 97.03%) 的出现频率(82.86%)、数量百分比(79.95%)和重量百分比(39.99%)均为最大值,是褐菖鲉最重要的食物组成部分。

枸杞岛海藻场中的铜藻、鼠尾藻、瓦氏马尾藻等为端足类等提供了良好的附着场所,且海藻场中大量的浮游生物和碎屑等为端足类等底栖生物提供了充足的食物。枸杞岛近岸海水交换充分,大量的营养物质随潮流带到藻场,十分有利于浮游动植物的生长,海藻场中浮游动物在增长期(3月)有 7 种,密度为 14.58 ind/L,在衰退期(8月)有 21 种,密度为 911.05 ind/L。浮游植物在增长期(3月)、茂盛期(5月)和衰退期(8月)的密度分别为 124 304 ind/L、1 420 800 ind/L 和 23 814 062 ind/L^[16],为藻场内的小型生物(虾类、蟹类、多毛类和棘皮类等生物)提供了良好的饵料基础。在增长期和茂盛期,褐菖鲉主要摄食蟹类、虾类和端足类,这两个时期也是日本蟳、中国毛虾和鳀鱼等幼体在近岸生长阶段。在持续期和衰退期,海藻生长停止并开始脱落,产生碎屑,为端足类等底栖生物提供了很好的生长条件,调查发现持续期附着在铜藻上的端足类数量达到每株 427 ind,该阶

段褐菖鲉主要摄食端足类,同时在褐菖鲉也捕食少量游到近岸进行繁殖活动的半线天竺鲷。褐菖鲉的食性与其消化器官形态结构相适应,其口中等大,上下颌齿为圆锥形,较为细密,鳃耙上有许多绒毛状小刺,可滤食端足类、桡足类等小型动物^[14]。不同个体大小同种鱼类饵料种类存在较大差异,对食性会产生较大影响,本研究中,体长小于 80.0 mm 的褐菖鲉主要摄食小型生物(端足类等),且食物种类比较少;体长在 80.0 ~ 99.9 mm 的褐菖鲉主要摄食虾类和蟹类,食物种类较多;≥100.0 mm 主要摄食鱼类和端足类。80.0 mm 和 100.0 mm 可以看做是褐菖鲉的食物种类发生转换的体长。

海藻场中大型海藻及近岸礁石为小型虾蟹等这些游泳能力不强的种类提供了良好的生活空间和捕食场所,这些都为藻场中的褐菖鲉提供了良好的饵料基础。褐菖鲉属于卵胎生鱼类,其亲鱼在 3-5 月份产仔比较旺盛^[12],此时海藻场正处于增长期到茂盛期转换时,茂盛的大型海藻能够缓解潮水流动,适合游泳能力较弱的褐菖鲉幼鱼生活,且海藻形成的空间也为其提供了避敌场所,海藻场中丰富的浮游生物为仔稚鱼提供了良好的饵料基础。章守宇等^[1]对该海域的研究表明,海藻场是各种渔业种类特定生长期(往往是幼体阶段)的过渡地带,同一时期进入的种类通常是藻场外的一部分(岩礁性种类除外)。本研究获取的褐菖鲉大部分为 1 龄鱼,较好地说明了海藻场作为特定鱼类的养育场所的功能。

枸杞岛海藻场褐菖鲉的平均营养级为 3.35,低于东山湾褐菖鲉的营养级(3.6)^[14]和厦门东海域褐菖鲉的营养级(3.6)^[15],也低于东海非岛礁海域底栖生物食性鱼类的营养级^[21,25],这与海藻场中褐菖鲉主要摄食端足类等低等底栖生物有关。通过对枸杞岛海藻场褐菖鲉摄食食性的分析,可以初步得到该海藻场的一条典型食物链,即海藻、碎屑(包括浮游生物、海藻残体分解物质等)——底栖生物(端足类、蟹类等)——褐菖鲉,该食物链传递途径简短,褐菖鲉处于该食物链顶端位置,端足类等褐菖鲉食物保障、海藻场食物网的物质循环和能量流动中起关键作用。

参考文献:

- [1] 章守宇,汪振华,林军,等. 枸杞岛海藻场夏、秋季

- 的渔业资源变化[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(1):45-52.
- [2] 吴常文. 浙江舟山近海褐菖鲉 *Sebasticus marmoratus* 生物学研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 1999, 18(3):185-190, 226.
- [3] 杨纪明. 渤海鱼类的食性和营养级研究[J]. 现代渔业信息, 2001, 16(10):10-19.
- [4] 邓景耀, 姜卫民, 杨纪明, 等. 渤海主要生物种间关系及食物网的研究[J]. 中国水产科学, 1997, 4(4):1-7.
- [5] 张波, 唐启升, 金显仕. 东海和黄海主要鱼类的食物竞争[J]. 动物学报, 2005, 51(4):616-623.
- [6] Le Loc'h F, Hily C, Grall J. Benthic community and food web structure on the continental shelf of the Bay of Biscay (North Eastern Atlantic) revealed by stable isotopes analysis[J]. Journal of Marine Systems, 2008, 72(1-4):17-34.
- [7] Du Buit M H. Food and feeding of cod (*Gadus morhua* L.) in the Celtic Sea [J]. Fisheries Research, 1995, 22(3-4):227-241.
- [8] 窦硕增. 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.
- [9] Fogarty M J, Murawski S A. Large-scale disturbance and the structure of marine systems: fishery impacts on Georges Ban[J]. Ecological Applications, 1998, 8(1):6-22.
- [10] 王志铮, 吴常文, 侯伟芬, 等. 褐菖鲉仔、稚鱼生长特性及其关键变态期的研究[J]. 海洋科学, 2002, 26(5):1-4.
- [11] 吴常文, 王伟洪, 李昌达. 褐菖鲉 *Sebasticus marmoratus* 性腺、胚胎和仔鱼发育的初步研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 1999, 18(4):310-314.
- [12] 许明海. 褐菖鲉 *Sebasticus marmoratus* 渔业生物学初步研究[J]. 现代渔业信息, 2000, 15(2):17-21.
- [13] 石戈, 王健鑫, 刘雪珠, 等. 褐菖鲉消化道的组织学和组织化学[J]. 水产学报, 2007, 31(3):293-302.
- [14] 张雅芝, 李福振, 郭长春. 东山湾褐菖鲉食性研究[J]. 台湾海峡, 1993, 12(3):233-241.
- [15] 黄良敏, 张雅芝, 潘佳佳, 等. 厦门东海域鱼类食物网研究[J]. 台湾海峡, 2008, 27(1):64-73.
- [16] 孙宏超. 枸杞岛海藻场生态系统初步研究[D]. 上海:上海水产大学, 2006.
- [17] 我国专属经济区和大陆架勘测专项生物资源调查项目技术专家组. 海洋生物与资源调查规范[M]. 1997:60-66.
- [18] 薛莹, 金显仕, 张波, 等. 黄海中部小黄鱼的食物组成和摄食习性的季节变化[J]. 中国水产科学, 2004, 11(3):237-243.
- [19] Hyslop E J. Stomach contents analysis-a review of methods and their application [J]. Journal Fish Biology, 1980, 17(4):411-429.
- [20] 张波. 东、黄海带鱼的摄食习性及其随发育的变化[J]. 海洋水产研究, 2004, 25(2):6-12.
- [21] 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.
- [22] 严利平, 李建生, 沈德刚, 等. 黄海南部、东海北部小黄鱼饵料组成和摄食强度的变化[J]. 海洋渔业, 2006, 28(2):117-123.
- [23] 章守宇, 梁君, 汪振华, 等. 浙江马鞍列岛海域潮间带底栖海藻分布特征[J]. 应用生态学报, 2008, 19(10):2299-2307.
- [24] 林霞, 顾晓英, 郑忠明. 羊栖菜栽培中常见敌害生物及防治初探[J]. 水产科学, 2001, 20(6):26-27.
- [25] 李永刚, 汪振华, 章守宇. 嵊泗人工鱼礁海区生态系统能量流动模型初探[J]. 海洋渔业, 2007, 29(3):226-334.

Feeding habit of *Sebastes marmoratus* in seaweed bed around Gouqi Island

WANG Kai, ZHANG Shou-yu*, WANG Zhen-hua, XU Min, ZHAO Jing, WANG Lei
(College of Marine Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: By analyzing 297 stomach contents of *Sebastes marmoratus* in seaweed bed around Gouqi Island in April, May, June 2008 and August 2007, this paper studied the feeding habits of this species and its diet composition that varied with seaweed growth. Results showed that feeding intensity was low throughout the study period and percentage of empty stomachs and mean stomach fullness index varied significantly ($P < 0.05$). Percentage of empty stomach varied insignificantly among the size classes ($P > 0.05$). The mean stomach fullness varied insignificantly among specimens less than 80.0 mm TL ($P > 0.05$). *S. marmoratus* was benthivorous and the diet of it consisted of at least 29 different prey species belonging to 12 major groups (Amphipoda, Shrimps, Crabs, Echinodermata, Polychaeta, etc.). Amphipoda were the most important prey and accounted for 97.03% by %IRI of all the prey. The composition of the prey varied with different growth periods of seaweed bed and *S. marmoratus* size classes. Shrimps and crabs were more important during booming period and flourish period, whereas amphipods were more important during lasting period and decay period. Amphipoda were more important in the diet of specimens less than 80.0 mm TL, shrimps and crabs were more important in the diet of specimens 80.0–99.9 mm TL, whereas fish and amphipods occurred more in the diet of specimens less than 100.0 mm TL.

Key words: *Sebastes marmoratus*; feeding habit; seaweed bed; Gouqi Island

Corresponding author: ZHANG Shou-yu. E-mail: syzhang@shou.edu.cn