

DOI: 10.12264/JFSC2020-0576

大亚湾黑棘鲷的摄食习性

郭家彤^{1,2}, 王腾^{2,3}, 陈得仿², 刘永^{2,3}, 全秋梅², 王九江², 李纯厚^{2,3}

1. 浙江海洋大学水产学院, 浙江 舟山 316022;
2. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业农村部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东珠江口生态系统野外科学观测研究站, 广东省渔业生态环境重点实验室, 广东 广州 510300;
3. 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州), 广东 广州 511458

摘要: 为了解黑棘鲷(*Acanthopagrus schlegeli*)在大亚湾生态系统食物网结构中的地位和作用, 2018 年 3 月至 2019 年 1 月逐月在大亚湾采集黑棘鲷样本, 分析黑棘鲷的食性组成、摄食强度、生态位宽度以及食性随季节和体长变化的趋势。结果表明, 大亚湾黑棘鲷饵料生物组成主要包括藤壶、鱼类、贝类、蟹类、虾类、星虫类、头足类、水生植物等 8 个类群, 相对重要性指数百分比(IRI%)表明藤壶是最重要的饵料类群(IRI%为 42.41%), 其次依次是鱼类、贝类、蟹类、虾类、星虫类、头足类和水生植物。大亚湾黑棘鲷全年均有摄食, 摄食强度随季节变化显著, 其中胃饱满指数以春、冬季较高, 夏、秋季较低; 而空胃率则以夏季显著高于其他季节。不同季节食性差异明显, 春季主要以藤壶为食, 夏季主要以鱼类为食, 秋季主要以贝类为食, 冬季则主要以藤壶和鱼类为食, 影响食性组成随着季节变化的主要因子为水温、食物资源的可获得性等; 黑棘鲷体长越长, 越倾向于摄食大个体饵料, 摄食强度也越大, 营养生态位宽度先宽后窄。本研究结果将为今后黑棘鲷的保护和人工养殖提供理论依据。

关键词: 黑棘鲷; 摄食习性; 相对重要性指数; 生态位宽度

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2021)08-1041-10

黑棘鲷(*Acanthopagrus schlegeli*)隶属于硬骨鱼纲(Osteichthyes), 鲈形目(Perciformes), 鲷科(Sparidae), 棘鲷属, 广泛分布于我国沿海区域^[1], 具有生长快、食性广、耐盐性、广温性及抗病能力强等优点, 能在海水和咸淡水中广泛养殖^[2]。目前, 黑棘鲷不仅在中国、日本、韩国及其他东南亚国家被大规模养殖^[3], 同时也是我国重要的增殖放流对象^[4-7]。2017 年全国海洋生物资源增殖放流统计结果表明, 全国黑棘鲷放流尾数达到 7015.69 万尾, 占放流总数量的 0.27%, 共投入资金 2747.18 万元, 占比 5.97%^[8]。

近年来, 随着人类干扰程度加剧, 特别是破坏性捕捞、环境污染等, 导致大亚湾生境退化和

渔业资源衰退^[9-10]。黑棘鲷是大亚湾重要的经济鱼类, 其食性是否会因环境变化、捕捞压力的影响而发生变化有待研究。因此本研究拟通过探讨黑棘鲷食性和摄食的季节性变化、不同大小个体的食性变化以及繁殖期的食性变化规律, 以深入了解黑棘鲷的摄食生态习性, 并进一步补充和完善黑棘鲷的基础生物学资料, 为开展大亚湾黑棘鲷的增殖放流、增养殖和种群保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

2018 年 3 月至 2019 年 1 月, 在大亚湾对黑棘

收稿日期: 2020-12-11; 修订日期: 2021-02-01.

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0900803); 中国水产科学研究院基本科研业务费专项(2018HY-XKQ01-7, 2020TD16); 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州)人才团队引进重大专项(GML2019ZD0605).

作者简介: 郭家彤(1996-), 女, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源. E-mail: 824293498@qq.com

通信作者: 李纯厚, 研究员, 研究方向为水生生物学. E-mail: chunhou@scsfri.ac.cn

鲷进行了周年逐月采样, 其中季度划分为春季(3—4月)、夏季(8月)、秋季(9—11月)和冬季(12月—翌年1月), 5—7月为大亚湾休渔期(未进行采样), 所有样品均是在澳头渔港购买, 经调查可知渔民捕捞地点集中在虎头门、马鞭洲岛、大辣甲等, 捕捞工具多为单层流刺网(图1)。样品采集后

立即带回实验室进行解剖, 测量体长、全长(精确到1 mm)、体重(精确到0.01 g), 分析黑棘鲷胃含物的种类、数量和质量等, 对于消化程度较低的胃含物直接通过形态特征鉴定其种类, 对于消化程度较高的胃含物通过残肢等加以鉴定, 并尽量鉴定到最小分类单元。

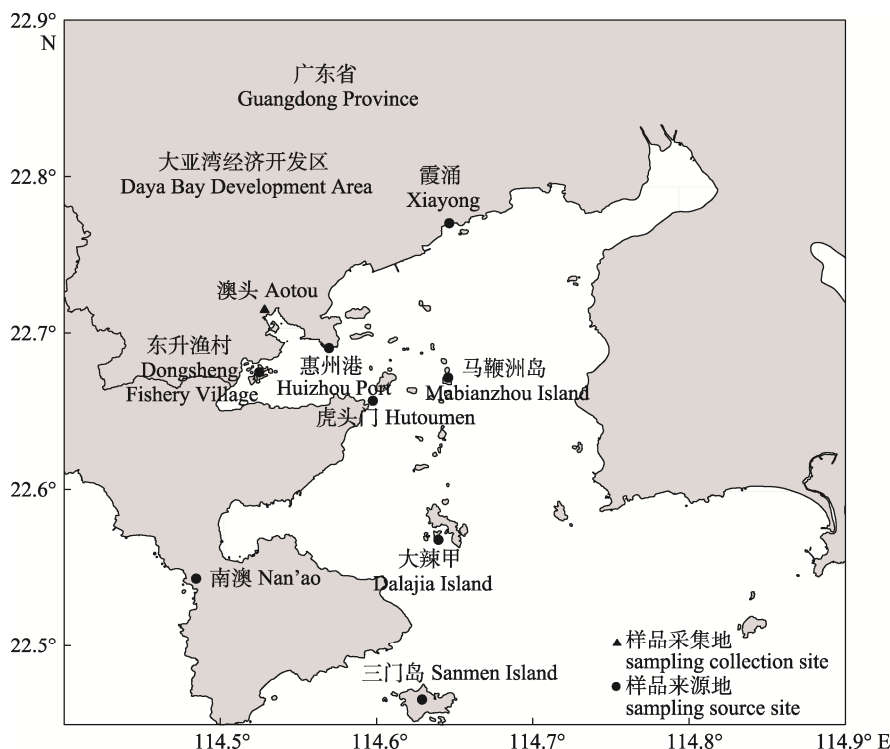


图1 大亚湾黑棘鲷采样区域

Fig. 1 Sampling area of *Acanthopagrus schlegeli* in the Daya Bay

1.2 数据处理与分析

摄食强度用空胃率和胃饱满指数来表示^[11]:

(1) 空胃率(%)=空胃数/解剖鱼总数×100%

(2) 胃饱满指数(K)=食物团实际重量/鱼体体重×10000

采用5个指标对食物类群重要性进行描述^[12-14]:

(1) 出现率(F%)=含某食物成分的胃数/捕食者有食物的胃数×100%

(2) 数量百分比(N%)=含某食物成分的个体数/食物团中食物成分类型的总类型数×100%

(3) 重量百分比(W%)=含某食物成分重量/食物团重量×100%

(4) 相对重要性指数(IRI)=(N%+W%)×F%

(5) 相对重要性指数百分比

$$(\text{IRI}\%) = \frac{\text{IRI}_i}{\sum_{i=1}^n \text{IRI}_i} \times 100\%$$

生态位宽度用 Levins 指数来表示, 计算公式如下^[15]:

$$B = \frac{1}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

式中, P_i 为第 i 种饵料的重量占该种鱼所有饵料重量的比例。

通过 Excel 2013 和 SPSS 21.0 进行数据处理、分析以及绘图。以 SPSS 21.0 软件包为工具, 运用卡方检验分别检验黑棘鲷不同季节、不同体长组的空胃率和胃饱满指数是否存在显著差异, 运用

双因素方差分析检验黑棘鲷食性组成是否因季节不同而差异显著, $P<0.05$ 时视为具有显著性差异。

2 结果与分析

2.1 渔获样品基本信息

本研究共采集到黑棘鲷 721 尾, 体长范围为 82~397 mm, 均值为(197.6±2.2) mm, 100~300 mm 的个体尾数最多, 占总尾数的 91.26%; 体重范围为 20.32~1907.12 g, 均重为(308.23±9.93) g, 52.88~

586.24 g 的个体尾数最多, 占总尾数的 80.02%。

2.2 摄食强度

黑棘鲷全年均有摄食, 但空胃率较高, 全年空胃率范围为 41.94%~93.94%, 平均为 69.35%; 不同月份之间差异显著($P<0.01$), 4 月空胃率最低, 为 41.94%, 3 月空胃率最高, 为 93.94%。全年胃饱满指数范围为 9.63~164.12, 平均为 64.57; 不同月份之间存在显著性差异($P<0.01$), 以 4 月胃饱满指数最大, 10 月最小(表 1)。

表 1 大亚湾黑棘鲷各个月份的摄食强度(基于空胃率与胃饱满指数)
Tab. 1 Seasonal variation of feeding intensity of *Acanthopagrus schlegeli* (based on empty stomach rates and stomach fullness index) in the Daya Bay

月 month	样本数量/尾 number of fish	体长/mm body weight $\bar{x} \pm SD$	体重/g total weight $\bar{x} \pm SD$	空胃率/% percentage of emptiness	胃饱满指数 stomach fullness index
3 月 March	66	156.32±6.56	161.67±23.58	93.94	24.94
4 月 April	62	173.23±7.37	212.69±32.63	41.94	164.12
8 月 August	101	199.50±5.98	314.69±26.42	83.17	21.97
9 月 September	83	163.24±6.00	184.31±20.67	54.22	122.42
10 月 October	100	194.27±5.50	282.72±21.05	87.00	9.63
11 月 November	152	221.55±4.36	408.08±23.47	59.87	63.28
12 月 December	111	242.51±3.80	480.99±25.45	62.16	80.58
1 月 January	46	167.41±5.37	165.29±19.99	78.26	111.51
平均值 average				69.35	64.57

2.3 食性组成

经鉴定, 大亚湾黑棘鲷食性中共出现藤壶、鱼类、贝类、蟹类、虾类、星虫类、头足类、水生植物等 8 个类群饵料生物, 出现率范围为 0.14%~33.03%, 以藤壶出现率最高, 其次是鱼类和贝类, 头足类和水生植物出现率最低; 各类群数量百分比范围为 0.41%~29.67%; 重量百分比范围为 0.02%~38.63%。相对重要性指数(IRI%)表明, 黑棘鲷摄食较多的为藤壶(IRI%=42.41%), 其次为鱼类(IRI%=30.01%), 之后依次分别为贝类(IRI%=23.18%)、蟹类(IRI%=2.24%)、虾类(IRI%=2.06%)、星虫类(IRI%=0.07%)、头足类(IRI%=0.01%)和水生植物(IRI%=0.004%) (表 2)。

2.4 黑棘鲷食性的季节变化

2.4.1 摄食强度季节变化 胃饱满指数随季节变化表现出极显著差异($\chi^2=58.789$, $df=3$, $P<0.01$), 其

表 2 大亚湾黑棘鲷的食性组成
Tab. 2 Food composition of *Acanthopagrus schlegeli* in the Daya Bay

食物种类 food species	出现率 /% F%	数量百 分比/% N%	重量百 分比/% W%	相对重要 性指数百 分比/% IRI%
藤壶 barnacles	33.03	29.67	38.63	42.41
鱼类 fish	28.05	25.61	31.29	30.01
贝类 shellfish	28.05	25.20	18.76	23.18
蟹类 crab	9.05	8.13	5.06	2.24
虾类 shrimp	8.60	9.35	3.40	2.06
星虫类 sipuncularia	1.36	1.22	1.59	0.07
头足类 cephalopod	0.45	0.41	1.24	0.01
水生植物 aquatic plant	0.45	0.41	0.02	0.00

注: F%为出现率, N%为数量百分比, W%为重量百分比, IRI%为相对重要性指数百分比。

Note: F% means occurrence, N% means numerical percentage, W% means weight percentage, and IRI% means percentage index of relative importance.

中春、冬季胃饱满指数较高, 分别为 101.87、84.43, 夏、秋季较低, 分别为 21.97、57.48; 空胃率随季节变化也呈现显著差异($\chi^2=8.784$, $df=3$, $P<0.05$), 其中夏季空胃率最高, 达到 83.17%, 春、秋、冬季差异较小, 分别为 68.75%、66.57%、66.88% (图 2)。

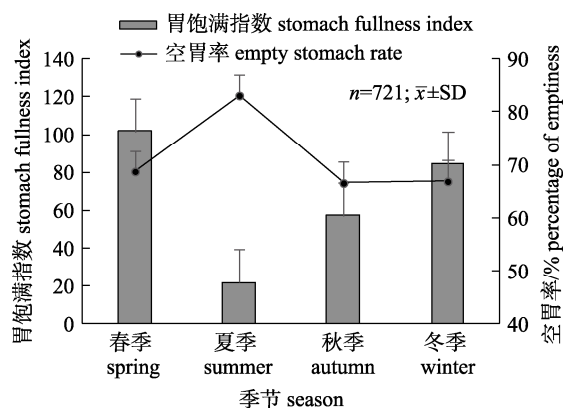


图 2 大亚湾黑棘鲷各个季节的胃饱满指数和空胃率

Fig. 2 Seasonal variation of stomach fullness index and empty stomach rates of *Acanthopagrus schlegeli* in the Daya Bay

2.4.2 食性组成季节变化 双因素方差分析结果表明, 大亚湾黑棘鲷的食性组成存在显著的季节差异($F=4.347$, $df=31$, $P<0.05$), 春季主要以藤壶为食, 夏季主要以鱼类为食, 秋季主要以贝类为食, 冬季则是主要以藤壶和鱼类为食(图 3)。大亚湾黑棘鲷的生态位宽度同样随季节变化而变化, 夏季为 4.5057, 为全年最高, 其余依次为秋季(3.4741)、冬季(3.0452), 春季较低(1.7636)。春季饵料组成简单, 主要摄食藤壶(IRI%=78.59%), 摄食特化程度高, 因而营养生态位宽度最窄。

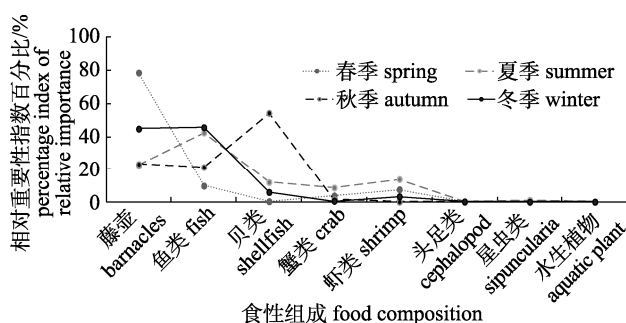


图 3 不同季节大亚湾黑棘鲷食性组成的相对重要性指数百分比

Fig. 3 Seasonal variation of percentage index of relative importance for food composition of *Acanthopagrus schlegeli* in the Daya Bay

2.5 黑棘鲷不同个体大小的食性变化

2.5.1 不同体长组摄食强度的变化 根据样本的体长范围, 将样本分为 7 个体长组: 0~100 mm、101~150 mm、151~200 mm、201~250 mm、251~300 mm、301~350 mm、351~400 mm。不同体长组的黑棘鲷胃饱满指数随体长变化显著($\chi^2=62.211$, $df=6$, $P<0.01$), 其中 201~250 mm 和 301~350 mm 的胃饱满指数最高, 分别为 71.65、76.63; 101~150 mm、151~200 mm、251~300 mm、351~400 mm 体长组的胃饱满指数接近(分别为 54.10、57.97、55.48、56.30); 0~100 mm 体长组的胃饱满指数仅为 6.39。空胃率随体长变化不显著($\chi^2=136.217$, $df=6$, $P<0.01$), 其中 0~100 mm 的空胃率最高, 达到 96.55%, 101~150 mm、151~200 mm、201~250 mm、251~300 mm、301~350 mm、351~400 mm 体长组的空胃率呈现递减的趋势, 分别为 76.65%、76.00%、64.46%、60.61%、50.00%、25.00% (图 4), 说明黑棘鲷的进食强度和摄食能力随着个体的增大而增加。

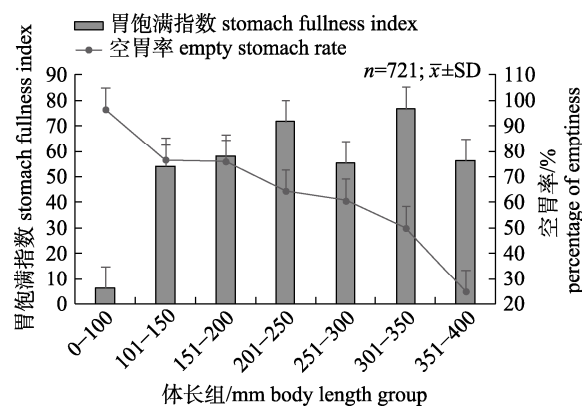


图 4 大亚湾黑棘鲷各个体长组的胃饱满指数和空胃率
Fig. 4 Stomach fullness index and empty stomach rates for *Acanthopagrus schlegeli* with different body lengths in the Daya Bay

2.5.2 不同体长组食性组成的变化 大亚湾黑棘鲷不同体长组食性组成的相对重要性指数百分比如表 3 所示, 0~100 mm 体长组主要以虾类为食; 101~150 mm 组主要以贝类为食; 151~200 mm、201~250 mm、251~300 mm、301~350 mm 体长组主要以藤壶为食; 351~400 mm 组主要以鱼类为食。

黑棘鲷的生态位宽度也随体长不同而变化, 0~100 mm 到 251~300 mm 体长组的生态位宽度不断增加, 达到最高值 3.7204, 之后骤减, 301~

表 3 不同体长组大亚湾黑棘鲷食性组成的相对重要性指数百分比
Tab. 3 Variation of percentage index of relative importance for food composition of *Acanthopagrus schlegeli* with different body lengths in the Daya Bay

$n = 721; \bar{x} \pm SD$

食物种类 food species	体长组/mm body length						
	0–100	101–150	151–200	201–250	251–300	301–350	351–400
藤壶 barnacles	0.00	0.64	75.55	42.87	38.57	77.97	3.50
鱼类 fish	0.00	11.21	8.05	40.66	34.39	3.13	80.09
贝类 shellfish	0.00	81.05	8.72	15.23	24.47	9.77	2.59
蟹类 crab	0.00	1.89	2.57	1.05	0.17	8.57	10.98
虾类 shrimp	100.00	5.11	5.00	0.10	1.83	0.57	2.84
头足类 cephalopod	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00
星虫类 sipuncularia	0.00	0.00	0.10	0.08	0.17	0.00	0.00
水生植物 aquatic plant	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

350 mm 体长组为 1.9494, 351~400 mm 体长组为 2.4258, 301~350 mm 饵料组成简单, 藤壶的 IRI% 为 77.97%, 摄食特化程度高, 因而其营养生态位宽度最窄。

2.6 繁殖期对食性的影响

大亚湾黑棘鲷的繁殖期为 10 月至翌年 3 月, 非繁殖季节和繁殖季节的样本数量分别为 246、475 尾, 繁殖期的空胃率为 72.63%, 胃饱满指数为 59.35; 非繁殖期空胃率为 63.01%, 胃饱满指数为 78.57, 非繁殖季节摄食强度大于繁殖季节(图 5)。黑棘鲷繁殖期与非繁殖期食性组成的相对重要性指数百分比如图 6 所示, 繁殖期间以藤壶为主要食物, 非繁殖期间以贝类为主要食物。

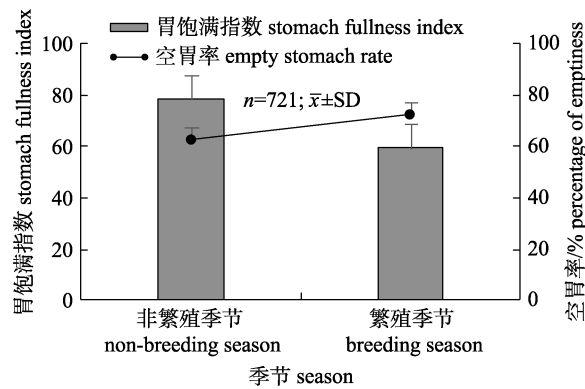


图 5 非繁殖期与繁殖期季节大亚湾黑棘鲷的胃饱满指数和空胃率

Fig. 5 Stomach fullness index and empty stomach rates of *Acanthopagrus schlegeli* in non-breeding and breeding seasons in the Daya Bay

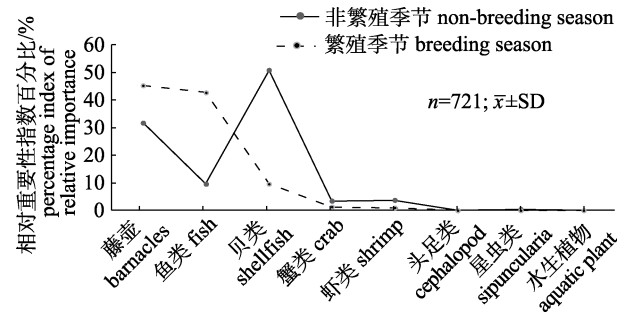


图 6 非繁殖期与繁殖期季节大亚湾黑棘鲷食性组成的相对重要性指数百分比

Fig. 6 Percentage index of relative importance of food composition of *Acanthopagrus schlegeli* in breeding and non-breeding seasons in the Daya Bay

大亚湾黑棘鲷摄食饵料的生态位宽度也根据是否处于繁殖期而不同, 非繁殖期季节的生态位宽度为 3.3132, 略高于繁殖季节的生态位宽度 3.0984。

3 讨论

3.1 摄食强度

本研究结果显示, 黑棘鲷虽然全年均有摄食, 但空胃率较高, 全年空胃率范围为 41.94%~93.94%, 平均为 69.35%。北部湾宝刀鱼(*Chirocentrus dorab*)全年摄食, 主要摄食鱼类、虾蟹类和头足类, 摄食强度月间波动明显, 月空胃率变化范围为 16.67%~88.24%, 周年平均摄食率为 53.33%^[16]; 印度洋中南部大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)主要摄食鱼类和虾类, 空胃率为 62.5%^[17];

东海区龙头鱼(*Harpadon nehereus*)主要摄食鱼类、虾类,空胃率为 52.74%^[18]。这可能是捕捞方式的差异造成,本研究中大多数黑棘鲷由刺网捕捞,一般清晨或下午放网,约 7.5 h 才收回,故许多黑棘鲷被挂住后要经过许久才被捞起,造成空胃率较高;也可能由于黑棘鲷属于凶猛性杂食鱼类,消化率较高从而造成较高的空胃率^[19]。

大亚湾黑棘鲷全年 4 月空胃率最低(41.94%),3 月空胃率最高(93.94%),平均为 69.35%;胃饱满指数范围为 9.63~164.12,平均为 64.57,其中 4 月胃饱满指数最大,10 月最小。印度卡里库特区科拉普扎河口的灰鳍棘鲷(*Acanthopagrus berda*)与黑棘鲷食性类似,同为杂食性鱼类,其食性组成具有明显相似性,其 10 月空胃率最高(70%),6 月空胃率最低(2%),平均为 37.37%;胃饱满指数范围为 12~265,平均为 75.75,其中 1 月胃饱满指数最大,10 月最小^[20]。比较表明,区域不同,食性相似鱼类的空胃率与胃饱满指数变化特征亦有明显差异。大亚湾黑棘鲷 10 月至翌年 3 月期间的空胃率普遍高,这与黑棘鲷的繁殖期季节相吻合,鱼类在繁殖期会减少摄食甚至停止摄食^[21-22]。大亚湾黑棘鲷 4 月胃饱满指数最大,可能由于其繁殖期结束后需要大量补充能量,摄食强度会增强^[23-24]。10 月胃饱满指数最小,可能是由于这一月处于黑棘鲷的产卵季节,成熟的性腺在腹腔中占据了更多的空间,压迫了胃,使进食变得更加困难,因此进食活动减少^[25]。

3.2 食性组成

以往研究显示,鲷科鱼类以摄食底栖生物为主^[26-27]。在本研究中,黑棘鲷主要摄食藤壶、鱼类、贝类,这与 Sarre 等^[28]、Chuwen^[29]研究黑棘鲷摄食贝类、星虫类、甲壳类、鱼类和藻类的结果类似。

稳定同位素和摄食生境研究表明,黑棘鲷的主要食物资源由固着生物组成,例如软体动物、甲壳类动物等^[30-32],这可能与黑棘鲷的生活习性有关,即黑棘鲷为岩礁栖性特征明显的鱼类,倾向于在长有贻贝或藤壶这类固着生物的环境中生存^[30,32]。同样, Tsuyuki 等^[33]研究表明,黑棘鲷能够根据牡蛎养殖区中牡蛎筏的高度而改变游泳深

度,以便于更好进食牡蛎筏的固着生物。

大亚湾黑棘鲷的饵料生物类群多达 8 类,与象山港黑棘鲷的食性基本一致^[34]。但是,主要食性差异明显,大亚湾黑棘鲷主要以藤壶、鱼类、贝类为食,而象山港黑棘鲷主要摄食节肢动物、藻类、软体动物,这可能是两个区域的生境不同造成黑棘鲷的摄食差异,三角藤壶(*Balanus trigonus*)是大亚湾人工鱼礁区占据绝对优势的种类,优势度远大于其他种类生物^[35],而象山港潮间带生物中以软体动物(65 种)和甲壳动物(52 种)出现的种类最多,分别占总种类数的 41%与 33%。潮间带泥沙生态相的优势种是菲律宾蛤仔、凸壳肌蛤、黑荞麦蛤、绯拟沼螺、珠带拟蟹守螺、淡水泥蟹、浒苔等;岩礁生态相的优势种是滨螺、藤壶、齿纹蛳螺等^[36];说明饵料生物的物种组成对黑棘鲷食性的组成有较大影响,同时也说明黑棘鲷对食物的选择具有较强的可塑性和地域性,这与 Chuwen^[29]在西澳大利亚 5 个水体中对黑棘鲷的摄食组成的研究结果相似,即摄食组成在地域间存在显著差异。

3.3 食性的季节差异

研究结果表明,黑棘鲷食性的季节变化主要体现在摄食强度和食性组成。一般而言,鱼类会在适温季节大量摄食,而高于或低于适温条件,鱼类会停止或减少摄食^[37]。黑棘鲷在春季和秋季平均胃饱满指数较高,夏季却偏低(大亚湾 5—7 月休渔期结束后,8 月黑棘鲷的饵料食物大量增加)。造成这一现象的原因是黑棘鲷的最适生长水温为 17~25 °C^[4],而大亚湾春、夏、秋、冬季的温度范围分别为 17.90~20.90 °C、26.20~31.10 °C、24.40~26.60 °C、17.80~21.20 °C^[38],夏季水温过高,超出了黑棘鲷生长的最适温度,从而显著影响了黑棘鲷摄食行为。

黑棘鲷夏季主要以鱼类为食,这可能与我国南海伏季休渔政策相关,休渔期使得大亚湾中的鱼类饵料生物增加。研究表明大亚湾夏季游泳生物密度明显高于其他季节,其中以鱼类和虾类资源较为丰富,而其他游泳生物类群季节差异不显著^[39],同时研究表明当环境中存在两种或更多种典型的饵料生物时,鱼类会选择性地摄食最适的

饵料生物^[29]。

3.4 不同个体大小的食性变化

随着鱼类的生长发育和体长增大、捕食能力增强, 摄食饵料生物的种类和个体大小也会随之发生变化, 亦即其摄食饵料生物的范围扩大、数量增加, 这对于鱼类的生长和繁殖后代都有积极的意义^[37]。在摄食强度方面, 随着黑棘鲷体长的增加, 空胃率由 76.65% 逐渐减少到 25%, 说明随着体长的增加, 黑棘鲷的进食强度、摄食能力都逐渐变强。在食性组成方面, 黑棘鲷食性随体长变化发生了显著的变化, 0~100 mm 体长组主要以虾类为食; 101~150 mm 组主要以贝类为食; 151~200 mm、201~250 mm、251~300 mm、301~350 mm 体长组主要以藤壶为食; 351~400 mm 组主要以鱼类为食, 说明个体越大, 口器发育越完善, 上颌宽而有力的臼齿可以将食物压碎^[4], 越倾向于摄食个体大的饵料, 这与 Chuwen^[29]的研究结果一致, 即西澳大利亚的黑棘鲷随着体型增加, 其饵料食物中的小型软体类动物、双壳类和多毛类的比例逐渐显著下降, 体型大的饵料食物增加; 同时个体越大, 鱼类的游泳能力也越强, 能够获得运动能力强的食物。此外, 不同个体大小食性的不同, 满足了不同发育阶段对饵料质量的生理要求, 有助于减少黑棘鲷幼鱼与成鱼的食物竞争。

营养生态位宽度反映了鱼类对饵料资源的利用程度^[40]。0~100 mm 体长组的黑棘鲷摄食器官和方式尚未发育完全, 生态位宽度很窄; 随着体长的增加, 鱼类为适应生态而扩大食性组成, 其生态位宽度逐渐变宽, 但 301~350 mm 体长组的生态位显著降低; 当体长大于 300 mm 时, 摄食的特化程度增高, 其食性中藤壶的比例几乎达到 80%, 导致营养生态位宽度变窄。在其他鱼类研究中, 同样也存在这一规律, 叶锦玉等^[41]对长江口斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*)的生态位宽度进行研究, 表明 41~120 mm 体长组的生态位宽度随体长上升而上升, 之后 121~180 mm 体长组整体趋势呈现逐渐变窄; 朱国平等^[42]对印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼的生态位宽度进行研究, 表明 900~1050 mm 体长组生态位宽度随体长增加

逐渐变宽, 在 1060~1450 mm 体长范围内生态位宽度保持相对较高水平且较稳定, 之后 1460~1650 mm 较之前呈现变窄趋势。

研究表明, 大亚湾黑棘鲷是主要以藤壶、鱼类、贝类为食的杂食动物, 而在深水网箱养殖中, 藤壶和双壳类软体动物等硬性污损生物的危害程度远远大于其他种类^[43], 因此, 是否可以利用黑棘鲷摄食藤壶的生态习性, 在深水网箱养殖过程中, 通过适当放养一定数量的黑棘鲷, 摄食网衣上附着的藤壶等附着生物, 以达到改善网衣水流畅通的目的, 值得进一步探讨。

参考文献:

- [1] Wu R X, Liu J, Fan J R, et al. A review on the nomenclature and taxonomic status of the black porgy, *Acanthopagrus schlegelii* (Perciformes: Sparidae)[J]. Marine Sciences, 2011, 35(5): 117-119. [吴仁协, 刘静, 樊冀蓉, 等. 黑棘鲷的命名和分类地位探究[J]. 海洋科学, 2011, 35(5): 117-119.]
- [2] Zhou F, Shao Q J, Xiao J X, et al. Effects of dietary arginine and lysine levels on growth performance, nutrient utilization and tissue biochemical profile of black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii*, fingerlings[J]. Aquaculture, 2011, 319(1-2): 72-80.
- [3] Gonzalez E B, Umino T, Nagasawa K. Stock enhancement programme for black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii* (Bleeker), in Hiroshima Bay, Japan: A review[J]. Aquaculture Research, 2008, 39(12): 1307-1315.
- [4] Jiang S G, Su T F, Xia J H, et al. Germplasm Resources and Utilization of Sparidae Fishes in China[M]. Beijing: China Ocean Press, 2012. [江世贵, 苏天凤, 夏军红, 等. 中国近海鲷科鱼类种质资源及其利用[M]. 北京: 海洋出版社, 2012.]
- [5] Liu Y, Sun D R, Geng Q, et al. Comparative study on immersion marking with alizarin red S and calcein for black porgy *Acanthopagrus schlegelii* of different sizes[J]. South China Fisheries Science, 2016, 12(6): 17-24. [刘岩, 孙典荣, 耿倩, 等. 茜素红与钙黄绿素标记不同规格黑鲷幼鱼的比较研究[J]. 南方水产科学, 2016, 12(6): 17-24.]
- [6] Chen P M. Discussion on enhancement species of artificial reefs area of Guangdong[J]. South China Fisheries Science, 2005, 1(1): 11-20. [陈丕茂. 广东人工鱼礁区增殖放流种类初探[J]. 南方水产, 2005, 1(1): 11-20.]
- [7] Liu S N, Liu Y, Zhou W L, et al. Comparison of *Acanthopagrus schlegelii* morphological differences between marine fishing population and the different breeding populations in the Pearl River Estuary[J]. Marine Sciences, 2018, 42(6):

- 46-52. [刘胜男, 刘岩, 周文礼, 等. 珠江口黑鲷海捕群体与不同养殖群体的形态差异比较[J]. 海洋科学, 2018, 42(6): 46-52.]
- [8] Tang Q S. Study on the Strategy of Proliferation of Fishery Resources in China's Exclusive Economic Zone[M]. Beijing: China Ocean Press, 2019. [唐启升. 我国专属经济区渔业资源增殖战略研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2019.]
- [9] Xu S N, Guo J Z, Fan J T, et al. Fish community structure and diversity in Daya Bay in summer[J]. Chinese Journal of Ecology, 2020, 39(4): 1254-1264. [徐姗楠, 郭建忠, 范江涛, 等. 夏季大亚湾鱼类群落结构与多样性[J]. 生态学报, 2020, 39(4): 1254-1264.]
- [10] Chen D G. Fisheries Resources Biology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997: 80-99. [陈大刚. 渔业资源生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 80-99.]
- [11] Dou S Z, Yang J M. S Feeding habit and seasonal variation in food content of *Cynoglossus semilaevis* in (Gunther) in the Bohai Sea[J]. Acta Ecologica Sinica, 1992, 12(4): 368-376. [窦硕增, 杨纪明. 渤海南部半滑舌鳎的食性及摄食的季节性变化[J]. 生态学报, 1992, 12(4): 368-376.]
- [12] Hynes H B N. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes[J]. The Journal of Animal Ecology, 1950, 19(1): 36-58.
- [13] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters[J]. Department of Fish and Game Fish Bulletins, 1971, 152: 105.
- [14] Cortés E. Methods of studying fish feeding: Reply[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1998, 55(12): 2708.
- [15] Krebs C J. Ecological Methodology[M]. New York: Harper Collins Publishers, 1989.
- [16] Yan Y R, Yang H C, Lu H S, et al. Feeding ecology of dorab wolf-herring, *Chirocentrus dorab* from the Beibu Gulf[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(3): 654-665. [颜云榕, 杨厚超, 卢伙胜, 等. 北部湾宝刀鱼的摄食生态[J]. 生态学报, 2011, 31(3): 654-665.]
- [17] Li P, Chen J T, Zhu G P, et al. Biological characteristics of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in southern and central Indian Ocean[J]. Marine Fisheries, 2010, 32(3): 283-289. [李攀, 陈锦淘, 朱国平, 等. 印度洋中南部大眼金枪鱼生物学特性研究[J]. 海洋渔业, 2010, 32(3): 283-289.]
- [18] Lin X P, Zhu Z J, Li P F. Feeding habits of *Harpodon nehereus* in the East China Sea region[J]. Marine Fisheries, 2010, 32(3): 290-296. [林显鹏, 朱增军, 李鹏飞. 东海区龙头鱼摄食习性的研究[J]. 海洋渔业, 2010, 32(3): 290-296.]
- [19] Zhang B, Sun Y, Tang Q S. Gastric evacuation rate of black sea bream(*Sparus macrocephalus*)[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(2): 287-289. [张波, 孙耀, 唐启升. 黑鲷的胃排空率[J]. 应用生态学报, 2000, 11(2): 287-289.]
- [20] Shilta M T, Kandiyil A P, Babu S, et al. The food and feeding habits of goldsilk seabream, *Acanthopagrus berda* (Forsskal, 1775)[J]. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2018, 19(7): 605-614.
- [21] Dadzie B S, Abou-Seedo F, Al-Qattan E. The food and feeding habits of the silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen), in Kuwait waters[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2000, 16: 61-67.
- [22] Sourinejad I, Nikkiah S, Kamrani E, et al. Feeding habits of yellowfin seabream, *Acanthopagrus latus* in the northern region of the Persian Gulf[J]. Caspian Journal of Environmental Sciences, 2015, 13(1): 31-39.
- [23] Ozyurt C E, Mavruk S, Kiyaga V B. Effects of predator size and gonad maturation on food preference and feeding intensity of Sander lucioperca (Linnaeus, 1758)[J]. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2012, 12: 315-322.
- [24] Vahabnezhad A, Kaymaram F, Taghavi M S A, et al. The reproductive biology and feeding habits of yellow fin seabream, *Acanthopagrus latus* (Houttuyn, 1782), in the Northern Persian Gulf, Iranian[J]. Journal of Fisheries Sciences, 2016, 15(1): 16-30.
- [25] Yin G J, Cao K J, Yu Z T, et al. The reproduction, feeding habits and growth of salangid fishes *Neosalanx taihuensis* and *N. oligodontis* in Wanghu Lake[J]. Journal of Lake Sciences, 1997, 9(1): 63-70. [殷国俊, 曹克驹, 余志堂, 等. 网湖银鱼的繁殖、食性与生长[J]. 湖泊科学, 1997, 9(1): 63-70.]
- [26] Tancioni L, Mariani S, Maccaroni A, et al. Locality-specific variation in the feeding of *Sparus aurata* L.: Evidence from two Mediterranean lagoon systems[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2003, 57(3): 469-474.
- [27] Platell M E, Ang H P, Hesp S A, et al. Comparisons between the influences of habitat, body size and season on the dietary composition of the sparid *Acanthopagrus latus* in a large marine embayment[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2007, 72(4): 626-634.
- [28] Sarre G A, Platell M E, Potter I C. Do the dietary compositions of *Acanthopagrus butcheri* in four estuaries and a coastal lake vary with body size and season and within and amongst these water bodies?[J]. Journal of Fish Biology, 2000, 56(1): 103-122.
- [29] Chuwen B M. Characteristics of the ichthyofaunas of offshore waters in different types of estuary in Western Aus-

- tralia, including the biology of black bream *Acanthopagrus butcheri*[D]. Murdoch: Murdoch University, 2009.
- [30] Saito H, Nakanishi Y, Shigeta T, et al. Effect of predation of fishes on oyster spats in Hiroshima Bay[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2008, 74(5): 809-815.
- [31] Fujita T, Umino T, Saito H, et al. Seasonal variations in dorsal muscle constituents of wild black sea bream *Acanthopagrus schlegelii* in Hiroshima Bay, Western Japan[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2011, 77(6): 1034-1042.
- [32] Umino T. Biology and Recreational Fishing for Black Sea Bream (Vaseau Books 33)[M]. Seizando: Seizando Press, 2010.
- [33] Tsuyuki A, Umino T. Spatial movement of black sea bream *Acanthopagrus schlegelii* around the oyster farming area in Hiroshima Bay, Japan[J]. Fisheries Science, 2017, 83(2): 235-244.
- [34] Sun P, Ling J Z, Zhang H, et al. Diet composition and feeding habits of black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) in Xiangshan Bay based on high-throughput sequencing[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(3): 1221-1228. [孙鹏, 凌建忠, 张辉, 等. 基于高通量测序的象山港海域黑鲷 (*Acanthopagrus schlegelii*) 食性分析[J]. 生态学报, 2021, 41(3): 1221-1228.]
- [35] Zhang W, Li C H, Jia X P, et al. Ecological characteristics of fouling organisms on concrete and steel reef in Daya Bay[J]. Marine Environmental Science, 2010, 29(4): 509-512. [张伟, 李纯厚, 贾晓平, 等. 大亚湾混凝土鱼礁和铁制鱼礁附着生物生态特征[J]. 海洋环境科学, 2010, 29(4): 509-512.]
- [36] Lou D, Shi H X, Jiao H F, et al. Study on species composition, quantity distribution of intertidal benthos in Xiangshan Bay[J]. Journal of Ningbo University (Natural Science & Engineering Edition), 2010, 23(4): 1-5. [楼丹, 施慧雄, 焦海峰, 等. 象山港潮间带生物种类组成及数量分布[J]. 宁波大学学报(理工版), 2010, 23(4): 1-5.]
- [37] Yin M C. Fish Ecology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995. [殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.]
- [38] Guo J Z, Chen Z Z, Xu Y W, et al. The effects of anthropogenic activities on the diversity and succession of fish community in Daya Bay[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2018, 25(3): 595-607. [郭建忠, 陈作志, 许友伟, 等. 人类活动对大亚湾海域鱼类群落多样性及其演替的影响[J]. 中国水产科学, 2018, 25(3): 595-607.]
- [39] Zeng L, Chen G B, Li C H, et al. Seasonal heterogeneity of nekton community and its ecological effect at Daya Bay mouth[J]. South China Fisheries Science, 2019, 15(3): 22-32. [曾雷, 陈国宝, 李纯厚, 等. 大亚湾湾口游泳生物群落季节异质特征与生态效应分析[J]. 南方水产科学, 2019, 15(3): 22-32.]
- [40] Hurlbert S H. The measurement of niche overlap and some relatives[J]. Ecology, 1978, 59(1): 67-77.
- [41] Ye J Y, Zhang H, Zhang Y Y, et al. Feeding habits of *Acanthogobius ommaturus* in the salt marsh in the Yangtze Estuary[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(17): 6217-6227. [叶锦玉, 张衡, 张瑛瑛, 等. 长江口盐沼植被生境内斑尾刺虾虎鱼食性特征[J]. 生态学报, 2018, 38(17): 6217-6227.]
- [42] Zhu G P, Xu L X, Zhou Y Q, et al. Feeding habits and its seasonal variations of *Thunnus albacares* in the west-central Indian Ocean[J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(5): 725-732. [朱国平, 许柳雄, 周应祺, 等. 印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼的食性及其季节性变化[J]. 水产学报, 2008, 32(5): 725-732.]
- [43] Yan T, Xie E Y, Cao W H, et al. Collection and culture for larvae and spores of four common fouling species in coastal waters of Southern China[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2011, 30(3): 56-61. [严涛, 谢恩义, 曹文浩, 等. 华南沿海 4 种主要污损生物幼虫和孢子的采集与培养技术[J]. 热带海洋学报, 2011, 30(3): 56-61.]

Feeding habits of *Acanthopagrus schlegeli* in the Daya Bay

GUO Jiatong^{1,2}, WANG Teng^{2,3}, CHEN Defang², LIU Yong^{2,3}, QUAN Qiumei², WANG Jiujiang², LI Chunhou^{2,3}

1. School of Fisheries, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China;
2. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences; Key Laboratory of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Observation and Research Station of Pearl River Estuary Ecosystem of Guangdong Province; Guangdong Provincial Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment, Guangzhou 510300, China;
3. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Guangzhou), Guangzhou 511458, China

Abstract: To understand the status and role of *Acanthopagrus schlegeli* in the food web structure of the Daya Bay ecosystem, the diet composition, feeding intensity, and niche width of *A. schlegeli* were analyzed, and the trend of dietary changes with seasons and body length was discussed based on annual and monthly sampling data from March 2018 to January 2019. Results showed that the food composition of *A. schlegeli* in the Daya Bay was mainly divided into eight groups, including barnacles, fish, shellfish, crabs, shrimp, sipuncularia, cephalopods and aquatic plants. The percentage index of relative importance (IRI%) indicated that barnacles were the most important group (IRI%: 42.41%) in the feeding habits of *A. schlegeli*, followed by fish, shellfish crabs, shrimps, sipuncularia, cephalopods, and aquatic plants. The *A. schlegeli* eats throughout the year in the Daya Bay, and the feeding intensity varied significantly with the seasons. The stomach fullness index was higher in spring and winter and lower in summer and autumn. The emptiness percentage in summer was significantly higher than that in other seasons. It mainly feeds on barnacles in spring, fish in summer, shellfish in autumn, and barnacles and fish in winter. Water temperature and the availability of food resources were the main factors influencing the diet composition in different seasons. The feeding habits of *A. schlegeli* changed with the body length, and for the feeding intensity, the size of the food eaten increased with the body length. Moreover, the niche width first widens and then narrows as individuals grow larger.

Key words: *Acanthopagrus schlegeli*; feeding habits; relative importance index; niche width

Corresponding author: LI Chunhou. E-mail: chunhou@scsfri.ac.cn