

枸杞岛海藻场优势种鱼类群体特征及其在不同生境中的差异

章守宇*, 王蕾, 汪振华, 王凯, 林军

(上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 为了解枸杞岛岩礁不同底栖海藻分布的海藻场区域鱼类优势群体组成和分布特征,于2009年2月—2010年2月对枸杞岛海藻场和沙地生境的鱼类进行了逐月采样,对其中的鱼类优势种群组成、生物学特征和摄食规律作了比较。结果表明,以大型底栖海藻铜藻为优势种和以孔石莼等小型底栖海藻为优势种的海藻场鱼类全年优势种皆为褐菖鲉、斑头鱼和黄姑鱼。褐菖鲉群体具有近岸活动频繁、群体低龄和小型化、丰度年间变化大的特点,通过性成熟提前、雌性比例远高于雄性、摄食对象多样化的方式应对生存压力,维持对整个群体的补充。斑头鱼和黄姑鱼群体都具有低龄化现象,群体补充主要受洄游群体影响。3种鱼类因生活习性和摄食对象的不同,表现出个体间的生长差异。同时,由于发育不同阶段的食性转化、体型变化和来自上层捕食者的捕食压力,褐菖鲉和黄姑鱼会随着发育阶段的变化,表现出对不同生境的选择利用。斑头鱼食性较为稳定,其活动区域由主要的摄食对象麦秆虫所主导,主要栖息于海藻场生境。

关键词: 海藻场; 食性转化; 群体结构; 体长; 分布规律

中图分类号: S 931.1

文献标志码: A

近岸各类海洋栖息地一直受到学者的广泛关注,国内外对鱼类关键生境(essential fish habitats)中鱼类群落和种群特征的研究有很多^[1-10],因为栖息地的异质性可影响生物与其生存环境之间的关系。生物的种类、行为和数量对于不同来源的栖息地异质性(例如结构的复杂性和组成成分)的反应可能会有所不同,因此,异质性的不同来源可能会与个别物种丰度和某个物种群体组合的形成有相互作用^[11]。岩礁—底栖海藻联合的海藻场生境、沙地生境是分布极为广泛的生境类型,其中海藻场因底栖海藻优势种类的不同,也会对鱼类种群的补充和丰度产生影响。近几年,国外开始针对大型海藻对温带岩礁鱼类丰度的影响进行深入研究^[4,11-13],通过实验室控制实验、野外控制实验以及现场调查采样等方法,比较研究了海藻场鱼类群体的丰度和生物量与沙地、红树林和泥地中鱼类群体的差异^[4,5-7],以及

不同组成结构和方式的海藻场中鱼类群体的补充和丰度的差异,探讨底栖海藻与鱼类群体的联系^[11-12]。国内对不同栖息地鱼类群落的研究较多,如河口、湿地、珊瑚礁生境鱼类的群落结构^[6-10],也有学者比较了鱼礁、泥地和岩礁生境鱼类群落结构的差异^[6],对海藻场生境鱼类群落和种群的研究不多^[14-15],对同一种鱼类在不同生境中的种群差异的研究较少。

本文以浙江嵊泗枸杞岛为例,对近岸海藻场中优势种鱼类在以两种不同形态发育特征的底栖海藻为优势种的海藻场和沙地生境的群体结构和分布差异分别进行了比较,从优势种鱼类体长分布和各阶段食物组成分析群体结构和分布规律的形成机制,探讨不同类型海藻场生境在鱼类生长不同阶段中的作用,为岛礁栖息地渔业资源保护和近岸渔业资源管理提供理论基础和现实依据。

收稿日期:2011-03-28 修回日期:2011-06-12

资助项目:国家“九七三”前期课题(2011CB111608);国家自然科学基金项目(30871924);国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA100303);海洋公益性行业科研专项经费项目(2010418013-03);上海市重点学科建设项目(J50702)

通讯作者:章守宇, E-mail: syzhang@shou.edu.cn

1 材料与方法

1.1 研究区域

枸杞岛位于浙江嵊泗列岛东部,陆地面积 5.6 km^2 ,岸线总长约 2.5 km ,东部岸线累计分布约 $2\ 000\text{ m}$ 沙滩,其余 90% 岸线为岩礁。该岛属亚热带海洋季风气候,正规半日潮,潮差 $4\sim 5\text{ m}$,表层多年平均水温 $17\sim 19\text{ }^\circ\text{C}$,最低值出现在2月,平均 $5\sim 10\text{ }^\circ\text{C}$,最高温出现在7、8月间,平均 $27\sim 30\text{ }^\circ\text{C}$ 。嵊泗海域盐度东西水平梯度大,年变化范围介于 $12.02\sim 29.10$,其低值一年二次分别于7月和10月出现在海域西侧沿岸。枸杞岛位于该海域高盐区,近岸岩礁底栖生物以甲壳动物及藻类占优势,生物分带现象明显,由于面向外海,波浪作用较强,藻类以附着性强的种类为主^[16]。岩礁区潮下带海藻场呈两种组成模式,一种以直立生长的大型底栖海藻为主,一种以贴地生长的小型底栖海藻为主。前者主要组成种类为铜藻(*Sargassum horneri*)、裙带菜(*Undaria pinnatifida*)和瓦氏马尾藻(*Sargassum vachellianum*),三者中铜藻生物量占优,3—5月间茂盛生长,形成 $2\sim 3\text{ m}$ 高的“灌木丛”;后者分布最广的种为孔石莼(*Ulva pertusa*),其他种类于礁石上斑块状分布,如珊瑚藻(*Corallina officinalis*)等,于礁石表面形成“草坪”。

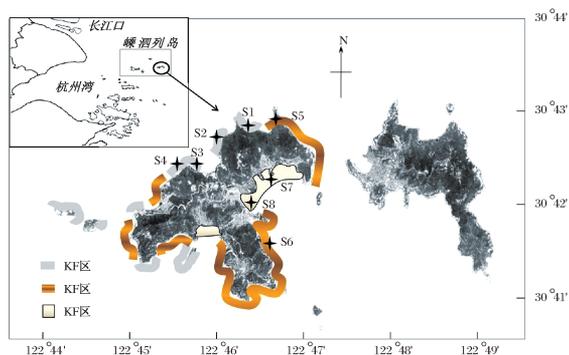


图1 枸杞岛调查站位分布

Fig.1 Location of sampling stations around Gouqi Island

1.2 采样方法

2009年2月—2010年1月对海藻场分布区域的鱼类群落进行月度跟踪调查,设置站位6个。S1、S2、S3和S4 4个站位位于以直立生长的大型底栖海藻为主的区域,简称KF区,其中S1和S4

12个月均有采集样本,其余两处调查站位由于现场环境和天气的原因,S3只调查了前4个月,S2从6月开始调查采样;S5和S6两个站位位于以贴地生长的小型底栖海藻为主的区域,简称KB区。同时于沙滩(简称SB区)设置两个对照站位S7和S8,比较海藻场生境鱼类优势种在3种生境中群体结构和分布差异(图1)。

鱼类样本采用定置多网目三重底层刺网采集。每处站位同时放置两组刺网,皆与岸线平行,放置时间约为 24 h 。两组刺网规格分别为:(1)单网片长 15 m ,网高 1.5 m ,4片组成,网目大小分别为 2.5 、 3.4 、 4.3 和 5.8 cm ;(2)单网片长 30 m ,网高 2.4 m ,4片组成,网目大小分别为 5.0 、 6.0 、 7.0 和 8.0 cm 。海藻场区域放置在距岸 $5\sim 30\text{ m}$ 的范围内,沙滩生境放置在距岸 $50\sim 200\text{ m}$ 的范围内。对每个月采集到的鱼类样本进行数量统计、种类鉴定、生物学测量和胃含物分析,各项测定皆依据《海洋生物生态调查技术规程》^[17]进行。

1.3 数据处理

基于枸杞岛近岸海域的生态特征及所获数据特征,采用相对重要性指数(*IRI*)^[18]划分鱼类群落的优势种。定义 $IRI \geq 1\ 000$ 的物种为优势种, $100 \leq IRI < 1\ 000$ 的物种为常见种, $10 \leq IRI < 100$ 的物种为一般种, $IRI < 10$ 的物种为少见种。

$$IRI = \left(\frac{n_i}{N} + \frac{w_i}{W} \right) \times f_i$$

鱼类胃含物中食物组成数量比例以*K*表示:

$$K = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^n k_j / K_j$$

为比较鱼类在整个海域中每种生境的出现频率,采用鱼类出现的相对频率*F*表示:

$$F = f_i / 3$$

各生境鱼类的出现时间比率用该种鱼类在某种生境类型中所出现的月份数占12个月的比例*F'*表示:

$$F' = m_i / 12$$

上述式中, n_i 为第*i*种鱼类的个体数, w_i 为第*i*种鱼类的重量, N 为所有渔获种类的总个体数, W 为所有渔获种类的总重量, f_i 为第*i*种鱼类出现的站次数占该类型生境总调查站次数的百分比(出现频率), m_i 为第*i*种鱼类在该种生境中所出现的月份数, n 为某种鱼类胃含物样本的个体数, k_j 为该种鱼类第*j*个胃含物样本中某种食物成分的个体数,

K_j 第 j 个样本胃含物中所有成分的总个体数。

根据当地气温及水温变化特点,以 3—5 月、6—8 月、9—11 月、12—翌年 2 月分别代表春季、夏季、秋季和冬季。利用 SPSS 15.0 软件对单种生境中,样本个体数超过 30 的海藻场全年优势种和季节性优势种鱼类,进行不同生境体长组成的 ANOVA 差异检验。

2 结果

2.1 海藻场优势种组成

枸杞岛近岸不同类型的海藻场鱼类全年优势种相同,均为褐菖鲉 (*Sebastes marmoratus*) ($IRI = 4\ 263$)、斑头鱼 (*Agrammus agrammus*) ($IRI = 1\ 844$) 和黄姑鱼 (*Nibea albiflora*) ($IRI = 1\ 237$)。12 个月共采集鱼类样本 180.8 kg,3 种鱼的渔获量分别占总渔获量的 11.3%、9.4% 和 10.9%。不同类型的藻场分布区 KF 区和 KB 区

每个月的优势种组成均存在差异,同一区域的优势种类随着月份的变化发生改变(表 1)。褐菖鲉在 KB 区全年均为优势种,在 KF 区 9 月份除外;斑头鱼在 KF 区 12 个月中有 9 个月为优势种,在 KB 区为 6 个月;黄姑鱼在 KF 区有 6 个月为优势种,在 KB 区为 7 个月,3 种鱼类作为优势种的时间均覆盖 4 个季节。KF 区和 KB 区的优势种组成在春季较为接近,夏、秋季差异最大。KF 区 6 月优势种类最多,8 月、10 月的优势种组成较为单一;而 KB 区秋季(尤其 9 月、10 月)优势种组成最多,冬季优势种组成较为单一。KF 区和 KB 区的季节性优势种类多为洄游性暖水种鱼类,如赤鼻棱鲷 (*Thryssa kammalensis*)、中颌棱鲷 (*Thryssa mystax*) 和蓝圆鲈 (*Decapterus maruadsi*) 等。其中,8 月随浙江沿岸上升流出现的赤鼻棱鲷群体数量激增,渔获重量可达全年的 77.9%。

表 1 两种海藻场优势种及相对重要性指数月度变化
Tab. 1 The dominant species and values of IRI in two types of kelp beds every month

月份 month	KF 区		KB 区	
	优势种 dominant species	相对重要 性指数 IRI	优势种 dominant species	相对重要 性指数 IRI
2 月 February	褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	9 822	鲻 <i>Mugil cephalus</i>	6 854
	斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	1 617	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	2 066
	花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	1 337	褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	1 126
	褐牙鲷 <i>Platessa percocephalus</i>	1 248		
3 月 March	褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	7 064	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	4 526
	大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	1 969	褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	3 172
	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	1 902	鲻 <i>Mugil cephalus</i>	3 005
	花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	1 373	花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	2 519
4 月 April	褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	9 882	大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	1 588
	斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	2 458	褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	8 826
	花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	1 645	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	4 366
	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	1 214	大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	2 198
5 月 May	褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	6 478	花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	1 101
	大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	5 581	褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	6 251
	斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	3 697	大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	3 254
	细棘海猪鱼 <i>Halichoeres tenuispinis</i>	1 172	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	2 460
6 月 June	褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	6 177	斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	2 398
	鲷 <i>Engraulis japonicus</i>	3 941	星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i>	1 643
	斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	2 351	斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	5 520
	大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	1 725	褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	4 911
	真燕鲷 <i>Prognichthys agoo</i>	1 171	皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	1 309
	日本鲭 <i>Scomber japonicus</i>	1 125		

续表 1

月份 month	KF 区		KB 区	
	优势种 dominant species	相对重要 性指数 IRI	优势种 dominant species	相对重要 性指数 IRI
7 月 July	褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	7 248	褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	5 613
	斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	3 417	丝背细鳞鲷 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	2 479
	蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	2 833	褐牙鲷 <i>Platessa percocephalus</i>	1 860
			斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	1 768
8 月 August			油鲹 <i>Sphyraena pinguis</i>	1 514
	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	2 358	赤鼻棱鲷 <i>Thryssa kammalensis</i>	2 709
	中颌棱鲷 <i>Thryssa mystax</i>	1 124	褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	2 256
			斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	1 976
9 月 September			丝背细鳞鲷 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	1 742
	褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	3 474	皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	3 308
	斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	1 903	褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	2 880
	细刺鱼 <i>Microcanthus strigatus</i>	1 749	细刺鱼 <i>Microcanthus strigatus</i>	1 792
	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	1 681	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	1 620
	三线矶鲈 <i>Parapristipoma trilineatus</i>	1 011	丝背细鳞鲷 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	1 333
10 月 October			赤鼻棱鲷 <i>Thryssa kammalensis</i>	1 321
			褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	3 477
	斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	8 108	赤鼻棱鲷 <i>Thryssa kammalensis</i>	3 406
	褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	6 292	斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	2 321
			黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	2 010
11 月 November			星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i>	1 667
	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	6 905	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	1 036
	褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	6 277	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	8 431
12 月 December	花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	3 464	褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	7 519
			皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	1 130
	斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	7 889	斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	5 159
	褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	4 317	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	5 068
	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	2 960	褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	3 832
1 月 January	花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	2 081	大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	1 405
			花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	1 032
	褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	4 844		
	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	3 839	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	7 837
	花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	3 177	褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	6 267
		鳊 <i>Mugil cephalus</i>	2 005	
		黑鲷 <i>Spondyliosoma cantharus</i>	1 190	
		斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	1 838	

2.2 海藻场优势种群体结构

褐菖鲉、斑头鱼和黄姑鱼 3 个鱼类群体全年丰度褐菖鲉(459 ind/站位) > 斑头鱼(211 ind/站位) > 黄姑鱼(97 ind/站位), 群体中均以 2 龄以下个体为主, 褐菖鲉群体以幼体为主, 斑头鱼和黄姑鱼群体以成体为主, 3 个群体中雌性比例皆远高于雄性比率, 分别为 1.51:1, 1.48:1 和 1.81:1。褐菖鲉 1 龄个体占其群体的 95.6%, 2 龄个体占其群体的 4.1%, 3 龄个体占其群体的 0.3%。斑头鱼 1 龄个体占其群体的 98.2%, 2 龄个体占

其群体的 1.8%。黄姑鱼 1 龄个体占其群体的 67.1%, 2 龄个体占其群体的 30.0%, 3 龄个体占其群体的 2.9%。将鱼类性腺发育处于 II 期以下的个体视为幼体进行统计, 褐菖鲉群体中幼体占 55.3%, 斑头鱼群体中幼体占 18.0%, 黄姑鱼群体中幼体占 28.2%。褐菖鲉、斑头鱼和黄姑鱼群体各自在 3 种栖息地中丰度月变化如图 2。褐菖鲉在 KF 区的群体丰度较高, 6 月可达 51 ind/组网次, SB 区群体丰度最低。斑头鱼在 KF 区的群体丰度一直略高于 KB 区, 但 6 月例外, KB 区捕

获率最高,可达 35 ind/组网次,SB 区斑头鱼群体数量极低,只在 5 月份形成一定数量的群体。黄姑鱼在 3 个区域的群体丰度较为接近,平均 3 ind/组网次。

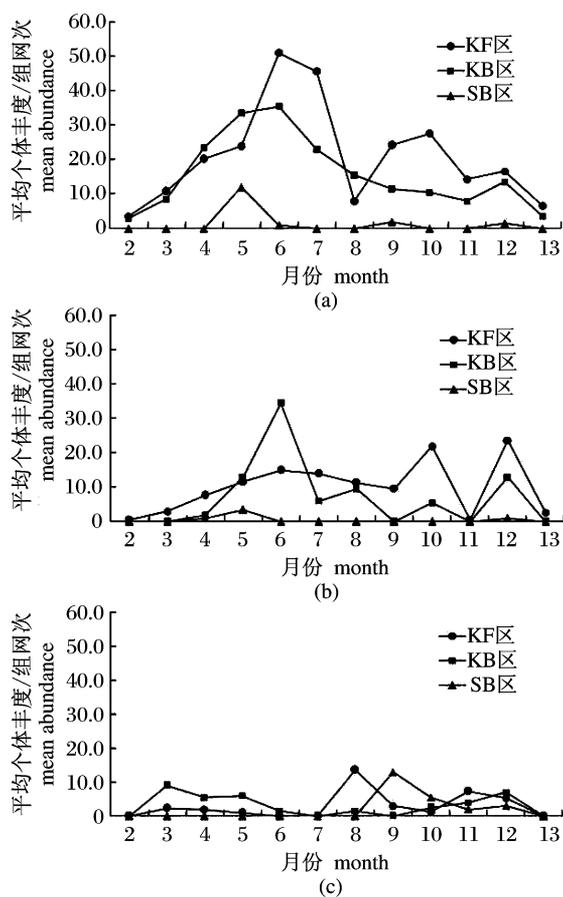


图 2 3 种生境每组网捕获鱼类的平均个体丰度

(a) 褐菖鲉; (b) 斑头鱼; (c) 黄姑鱼。

Fig. 2 Mean individual abundance per group net in three habitats

(a) *S. marmoratus*; (b) *A. agrammus*; (c) *N. albiflora*.

褐菖鲉、斑头鱼和黄姑鱼群体平均体长分别为 (82.15 ± 25.85) mm、 (120.58 ± 22.30) mm 和 (153.35 ± 48.12) mm,3 个群体在 3 种栖息地平均体长的月度变化如图 3。经统计,褐菖鲉群体中体长小于 80 mm 的占总个体数的 49.1%,体长介于 80 ~ 100 mm 的占总个体数的 29.1%,体长大于 100 mm 占总个体数的 22.8%,优势体长组为 60 ~ 100 mm。KF 区 4 月和 10 月的褐菖鲉群体中 60 ~ 80 mm 体长组丰度明显增加且高于 80 ~ 100 mm 体长组丰度,而 KB 区两体长组丰度较为接近。KF 区 60 ~ 80 mm 体长个体分别占群体的 55.12% 和 70.69%,而 KB 区则占群体中的

30.56% 和 58.33%,一个月后 KF 区和 KB 区 60 ~ 80 mm 体长组个体丰度开始减少,体长 80 mm 以上个体丰度开始增加。斑头鱼群体中体长小于 100 mm 的占总个体数的 19.4%,体长介于 100 ~ 140 mm 的占总个体数的 61.8%,体长大于 140 mm 占总个体数的 18.9%,优势体长组为 100 ~ 140 mm。海藻场 KF 区和 KB 区的斑头鱼群体保持了较为一致的变化趋势,平均体长自 3 月份开始逐月递增,3—6 月优势体长组为 80 ~ 100 mm,从 8 月份开始,群体中 120 ~ 140 mm 体长组个体丰度开始大幅增加。KB 区斑头鱼丰度最高的 6 月份,群体中以 80 ~ 120 mm 个体为主,占群体丰度的 78.79%。黄姑鱼群体中体长小于 140 mm 的占总个体数的 30.6%,体长介于 140 ~ 200 mm 的占总个体数的 58.7%,体长大于 200 mm 占总个体数的 10.7%,优势体长组为 160 ~ 200 mm。8、9 月份,KF 区和 SB 区的群体中体长 60 ~ 100 mm 的小型个体增多,丰度达 36 ind/每组网次。

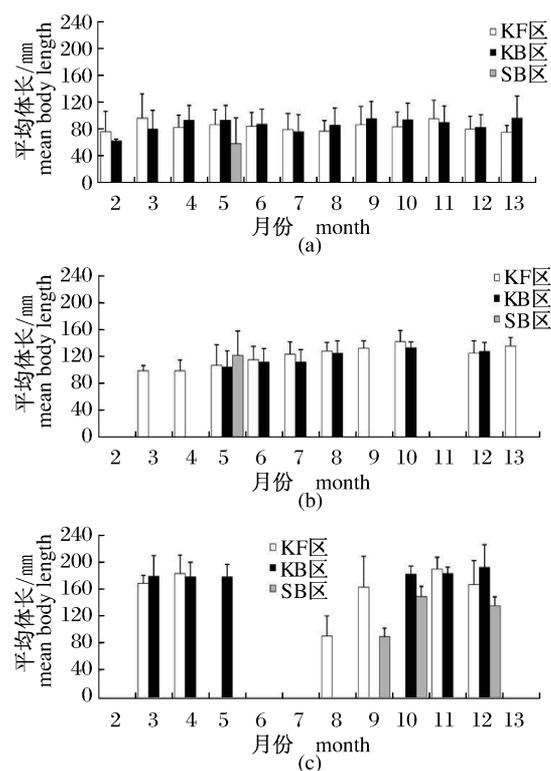


图 3 3 种生境优势种类每月平均体长和标准差

(a) 褐菖鲉; (b) 斑头鱼; (c) 黄姑鱼。

Fig. 3 Mean body length and standard deviation in three habitats every month

(a) *S. marmoratus*; (b) *A. agrammus*; (c) *N. albiflora*.

出现在枸杞岛海藻场区域的秋季优势种小黄鱼群体平均体长(118.60 ± 31.01) mm。春季优势种大泷六线鱼群体平均体长(137.18 ± 47.12) mm,体长小于 99 mm 的个体占总数的 31.3%。夏季优势种赤鼻棱鳀群体平均体长(96.62 ± 6.63) mm,体长分布较为集中;中颌棱鳀群体平均体长(97.45 ± 8.11) mm,体长分布较为集中。冬季优势种鲷群体平均体长(313.60 ± 98.37) mm。冬、春季优势种花鲈群体平均体长(200.35 ± 40.66) mm;春、秋季优势种星康吉鳗群体平均体长(414.53 ± 129.17) mm;夏、秋季优势种皮氏叫姑鱼群体平均体长(115.45 ± 37.61) mm。

2.3 优势种摄食组成

对所捕获的鱼类优势种样本的胃含物分析发现,海藻场优势种褐菖鲉、斑头鱼和黄姑鱼的食物组成中底栖无脊椎动物的比例最大,其中斑头鱼胃含物中比率最高,达 0.670(表 2)。褐菖鲉胃含物中小型底栖无脊椎动物以钩虾(*Orchestia* sp.)、麦秆虫(*Caprellidea* sp.)和海蟑螂(*Ligia exotica*)为主,分别占小型底栖无脊椎动物组分的 33.1%,31.1%和 21.6%。1—7 月份的胃含物样本中,小型底栖无脊椎动物组分中钩虾比率最高,占 38.6%,海蟑螂排第二,占 25.4%,麦秆虫只占 19.6%。自 8 月份开始,褐菖鲉胃含物中麦秆虫比例大幅增加,钩虾和海蟑螂比例迅速降低,8—12 月麦秆虫占胃含物中小型底栖无脊椎动物组分的 86.2%。斑头鱼胃含物中小型底栖无脊椎动物主要为麦秆虫,占该组分的 82.2%。黄姑鱼胃含物中小型底栖无脊椎动物主要为钩虾,占该组分的 94.6%。

2.4 优势种群体分布差异

褐菖鲉在 3 个区域的相对出现频率 KF 区 > KB 区 > SB 区, KF 区和 KB 区全年均有捕获($F' = 1$), SB 区的出现时间比率最低(表 3)。在 KF 区和 KB 区的褐菖鲉体长组成无显著性差异($F = 1.684, P = 0.195$),但二者与 SB 区体长组成均有显著性差异($P < 0.05$), KF 区、KB 区和 SB 区平均体长分别为(83.16 ± 23.37) mm, (85.14 ± 26.36) mm 和(65.73 ± 38.54) mm。3 种生境褐菖鲉幼体占整个群体百分比排序为 KF(61.1%) > KB(45.5%) > SB(8.3%)。

表 2 优势种鱼类食物组成比例

Tab.2 The diet composition of dominant species

种类 species	褐菖鲉	斑头鱼	黄姑鱼
	A. <i>agrammus</i>	S. <i>marmoratus</i>	N. <i>albiflora</i>
总样本数 total stomachs	449	269	118
鱼类 fish	0.259	0.065	0.227
头足类 cephalopods	/	0.002	/
虾类 shrimp	0.09	0.018	0.244
蟹类 crab	0.192	0.073	0.177
贝类 shellfish	0.007	0.001	/
螺类 gastropod	0.012	0.03	/
小型底栖无脊椎动物 small benthic invertebrates	0.386	0.67	0.344
浮游动物 zooplankton	0.008	0.019	/
海藻 phytoenthos	0.03	0.019	/
碎屑 detritus	0.013	0.101	0.008

注:表中粗体数据代表摄食组成中的最高值。

Notes: the data in bold stand for the highest ratio of the feeding target.

表 3 优势种在 3 种生境中的相对出现频率和出现时间比率

Tab.3 The relative frequency and time ratio of occurrences for dominant species in three habitats

种类 species	相对出现频率/出现时间比率(F/F') relative occurrence frequency/ occurrence time ratio		
	KF 区	KB 区	SB 区
	褐菖鲉 <i>S. marmoratus</i>	0.333 /	0.319/
斑头鱼 <i>A. agrammus</i>	0.269 /	0.208/	0.111/
黄姑鱼 <i>N. albiflora</i>	0.204/	0.236 /	0.143/
	0.833	0.833	0.583

注:表中粗体数据代表三区中的最高值。

Notes: the data in bold stand for the highest value in the three habitats.

斑头鱼在 3 个区域的相对出现频率 KF 区 > KB 区 > SB 区, KF 区全年均有捕获, SB 区的出现时间比率最低。整个海域捕获的斑头鱼个体 97.4% 集中于 KF 区和 KB 区,且两者间体长组成存在显著性差异($F = 14.813, P < 0.05$), KF 区斑头鱼平均体长(122.95 ± 22.11) mm,明显高于 KB 区的(115.21 ± 20.17) mm。3 种生境斑头鱼幼体占群体百分比排序为 KB(23.0%) > KF(16.6%) > SB(0%)。

黄姑鱼在 3 个区域的相对出现频率 KB 区 > KF 区 > SB 区, KB 区和 KF 区全年大部分时间可捕获, SB 区的出现时间比率相对较低。KF 区、

KB 区和 SB 区捕获的黄姑鱼个体平均体长大小排序为 KB 区 (182.00 ± 29.12) mm > KF 区 (147.61 ± 52.88) mm > SB 区 (120.93 ± 34.51) mm,三者间均存在显著性差异 ($P < 0.001$)。3 种生境黄姑鱼幼体占整个种群百分比排序为 SB (42.9%) > KF (38.0%) > KB (1.3%)。

海藻场季节性优势种小黄鱼,3 种生境均有捕获,SB 区密度较高;大泷六线鱼 98.6% 分布于 KF 和 KB 区域,赤鼻棱鳀个体在 3 种生境均有捕获,但 92.7% 分布于 KF 和 KB 区,且 8—9 月数量激增。皮氏叫姑鱼 82.5% 分布于 KB 和 SB 区。以上 4 种鱼类前三者在其主要出现生境中体长分布均无显著性差异,较为平均,但皮氏叫姑鱼分布于 KB 区和 SB 区的群体体长分布存在显著性差异 ($F = 9.477, P < 0.05$),平均体长 KB 区 (125.40 ± 48.40) mm > SB 区 (102.58 ± 25.01) mm。鲷 87.8% 个体捕获于 KB 区和 SB 区;褐牙鲆在这 3 种生境分布较为平均,单个生境中群体密度较低,SB 区的出现率相对最高;花鲈在 3 种生境中均有捕获,KF 区捕获率最高,为个体总数的 64.8%。

3 讨论

3.1 海藻场鱼类优势种群体特征

在热带和温带海域,鱼类群体的特征一直被认为受当地的物理条件和生物因素的影响,其中生物因素包括生物从浮游阶段开始对群体的补充、种类之间的竞争和捕食以及繁殖率等^[18-20]。与这些具有相同重要性的是饵料的分布和可利用性,以及一个提供庇护的合适的栖息地^[21-23]。栖息地本身的结构以及栖息于其中的各种水生生物为鱼类提供躲避场所和食物,在鱼类群体结构的形成中起到十分关键的作用^[24]。枸杞岛近岸海域的全年优势种褐菖鲉、斑头鱼和黄姑鱼就因为自身特有的生物习性,在其生活史的不同阶段表现出对近岸 3 种生境的利用差异,从而显现出不同的群体特征。季节性优势种如赤鼻棱鳀和中颌棱鳀等群体,体长组分布集中,显示出其为一段时间内的外来群体。

褐菖鲉群体广泛分布于日本到菲律宾沿岸近礁,枸杞岛当地的群体在近岸活动频繁,具有群体低龄和小型化、丰度年间变化大的特点。刺网调查中发现,枸杞岛海域的褐菖鲉优势体长组为

60~100 mm,与日本大阪湾的褐菖鲉常见体长 150~210 mm^[25] 相比,个体偏小,增加其他网具——钓竿和蟹笼的调查,所得渔获平均体长分别为 (94.46 ± 12.92) mm 和 (81.31 ± 36.14) mm,个体仍然偏小,说明枸杞岛褐菖鲉确实出现小型化,这种现象是由当地的过度捕捞所导致。褐菖鲉本身是一种游泳能力较差的鱼类,通常移动距离限于 1 km 范围^[25],觅食范围有限。为应对生存压力,褐菖鲉往往选择多样化的摄食对象,成体尤其凶猛,除捕食各种小型鱼类外,甚至捕食同类。此外,为维持群体数量,枸杞岛当地的褐菖鲉群体通过性成熟提前、群体中雌性比例远高于雄性等方式使地方群体维持高繁殖率,来保障对整个群体的补充。这就造成了群体的低龄化,以及幼体在整个群体中占了较高的比例 (55.3%),使整个群体成为一个增长型群体。枸杞岛当地褐菖鲉群体在 3—6 月丰度持续增加,直到 7 月都保持了较高的群体丰度,且群体中以幼鱼为主,说明这一时期的褐菖鲉一直处于繁殖阶段,与大连海区褐菖鲉 9 月份的繁殖期有差异。原因在于,枸杞岛褐菖鲉群体的幼体和成体阶段主要的摄食对象中都包含钩虾、麦秆虫和海蟑螂,而这 3 种端足类生物主要依托海藻场中底栖海藻和各种水生生物所产生的生物碎屑生存,其生物量受底栖海藻的繁茂影响。枸杞岛当地海藻场的繁茂期是 3—6 月,旺盛生长的底栖海藻为需要大量能量繁殖的褐菖鲉成体和维持生存的新的补充群体提供了丰富的食物保障。

斑头鱼游泳能力强于褐菖鲉,可进行短途洄游,严冬留在近岸岩礁洞里,暮春随着水温的升高,深海里的斑头鱼洄游到近海,进入索饵的活跃期。枸杞岛当地的斑头鱼群体在 5—6 月间丰度明显增加,尤其是 KB 区,斑头鱼丰度明显高于其他两个区域。这是由于斑头鱼的摄食对象麦秆虫的分布和丰度变化所致。斑头鱼在其一生中食性都不会发生转变^[26],枸杞岛海域斑头鱼主要摄食小型底栖无脊椎动物,占胃含物的 67.0%,其中 82.2% 为麦秆虫。从 5 月初开始斑头鱼胃含物中麦秆虫比例增加,直到 12 月底都保持了较高的比例,说明这一时期麦秆虫丰富的生境对斑头鱼有较高的诱集能力。而麦秆虫的生物量与小型底栖海藻的繁茂间有着密切的联系。GUERRA-CARCIA 等^[27]曾经对西班牙 Tarifa 岛以底栖海

藻角石花菜(*Gelidium corneum*)和*Fucus spiralis*为优势种的潮间带进行了两年的观测,发现麦秆虫丰度的波峰出现在上述两种藻类生长茂盛的4—6月间,此时水温17~20℃。枸杞岛近岸5—6月间平均水温在17~22℃间,石花菜属*Gelidium lamx*底栖海藻广泛分布于岩礁中潮带和KB区的低潮线附近,为斑头鱼主要摄食对象麦秆虫的繁殖提供了有利条件。虽然由于捕捞压力,枸杞岛近岸斑头鱼群体同样出现低龄化现象,但群体中幼体比例较低,仅为18.0%,远低于褐菖鲉群体,且枸杞岛斑头鱼群体每月的体长组分布表现出群体的一个持续的生长过程,平均体长(120.58±22.30)mm,与YUTAKA等^[28]对日本Aburatsubo处的研究结果较为接近,说明当地斑头鱼群体与其他海域群体相比不存在小型化,群体补充受深海的洄游群体影响。

枸杞岛近岸海域黄姑鱼群体除同样具有低龄化的特点外,其群体丰度全年变化较小。对枸杞岛沿岸海域黄姑鱼群体的调查中发现,4—5月时捕获的73.7%的黄姑鱼个体性腺成熟度为Ⅲ期和Ⅳ期,8月底开始捕获大量性腺成熟度为Ⅰ期的小型黄姑鱼,且此时丰度达到最大,此后持续降低,至3月底个体数明显回升。说明4—8月有外来黄姑鱼群体洄游至此进行繁殖,8、9月丰度的升高正是由群体新的补充幼体所至,因其有向较深海域洄游的习性,故新补充的黄姑鱼幼体生长1~2个月后,向外海迁移,翌年3月又洄游回岛礁近岸,开始为其产卵繁殖做准备。

3.2 海藻场鱼类全年优势种在各种栖息地中的群体差异及成因

海藻场3种全年优势种在KF、KB和SB3种栖息地中的群体存在明显差异。褐菖鲉和黄姑鱼因为发育阶段不同对食物的不同选择^[29],存在食性的转化,导致了对栖息环境的重新选择。褐菖鲉群体主要分布于海藻场区域(KF区和KB区),但不同底栖海藻组成类型的海藻场区域内的群体结构不同。对KF区和KB区全年出现的褐菖鲉进行统计,发现体长小于80mm的个体在群体中分别占据了48.4%和42.8%,KF区褐菖鲉群体小型个体比例较大。4月份时,差异尤其明显。此时,KF区体长小于80mm的个体占了群体的55.1%,而KB区仅占33.3%,且丰度(15 ind/组网次)远高于KB区丰度(6 ind/组网次),说明此

时有大量褐菖鲉幼体集聚于大型海藻生长区,原因有两方面。一方面,由于4月底表层水温15℃,海藻场中的大型底栖海藻正处于旺盛生长期,直接或间接以底栖藻类为食的底栖动物大量繁殖,如钩虾、海蟑螂和麦秆虫等。根据王凯等^[15]的研究,体长为50.0~79.9mm的褐菖鲉主要摄食端足类,体长为80.0~99.9mm的褐菖鲉主要摄食蟹类和端足类,而体长大于100mm的褐菖鲉主要摄食鱼类和端足类。因此,褐菖鲉小型个体更偏好于KF区活动,体长大于80.0mm个体由于摄食对象中蟹类和鱼类比例的增加,而跟更偏好于KB区活动,调查中发现KB区的蟹类和鱼类的生物量均高于KF区,由于SB区饵料选择较海藻场区域小,所以于SB区活动的褐菖鲉群体较小。另一方面,4—5月KF区海藻群落优势种铜藻平均高度已达(95.41±44.80)cm,高大的藻体为褐菖鲉幼体以及其它小型鱼类提供了荫蔽,为其躲避掠食者提供了庇护所。在枸杞岛近岸海域中,大泷六线鱼成体、星康吉鳗和褐菖鲉成体均以褐菖鲉幼体为捕食对象。上述3种鱼类在KB区的丰度都高于KF区,褐菖鲉幼体在KB区面临更强的捕食压力,因此为躲避捕食者,褐菖鲉幼体也更喜栖息于KF区。

与褐菖鲉不同,8、9月份新补充的黄姑鱼幼体更喜欢栖息于沙地区域,以中国毛虾和钩虾为食。黄姑鱼幼体生长1、2个月后转为栖息于海藻场区域,食物组成中蟹类和小型鱼类比例增加。KF区和KB区相比,黄姑鱼幼体和小型个体丰度更高,较大个体更偏向栖息于KB区。3种生境中黄姑鱼群体体长分布存在显著性差异,平均体长KB区>KF区>SB区。这很可能是因为3月底至5月底间,海藻场区域大型底栖海藻快速生长,藻体长度和丰满度迅速增加,来回摆动的藻体不利于个体较大的黄姑鱼的移动。斑头鱼由于其食性不变,主要以麦秆虫为食,所以群体主要活动于海藻场区域,较少出现于SB区。但因斑头鱼幼体喜欢活动于大型底栖藻体所形成天蓬下,因此KF区斑头鱼幼体在群体中的比例较高,大型底栖海藻场能够对其起到良好的荫蔽作用。

4 结论

枸杞岛海藻场全年鱼类优势种褐菖鲉群体因其本身的生物学特点,通过性成熟提前、群体中雌

性比例远高于雄性等方式使地方群体维持高繁殖率,来保障对整个群体的补充,以应对生存压力,使群体本身具有了近岸活动频繁、群体幼龄和小型化、丰度年间变化大的特点。斑头鱼和黄姑鱼群体同样具有低龄化现象,但不存在小型化,群体补充主要受受洄游群体影响。

因不同发育阶段的食性转化、体型变化和来自上层捕食者的捕食压力,褐菖鲉和黄姑鱼会随着发育阶段的变化,改变其主要的活动区域。褐菖鲉幼体偏好栖息于大型海藻场生境,成体则偏向于更多的栖息于小型海藻场生境;黄姑鱼幼体偏向于更多的栖息于沙地生境,成体偏向栖息于海藻场生境。斑头鱼因其一生食性不变,其活动区域由主要的摄食对象麦秆虫所主导,主要栖息于海藻场生境,因大型底栖海藻的藻体荫蔽作用,幼体更多地栖息于大型海藻场生境。

数据采集得到了上海海洋大学许强,陈清满,许敏,刘卫云,赵静,陈明超,尹冰玉,童武君等的大量帮助,在此表示感谢!

参考文献:

- [1] GILLANDERS B M, ABLE K W, BROWN J A, *et al.* Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna; an important component of nurseries [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2003, 247: 281 - 295.
- [2] MICHAEL W B, KENNETH L H, HECK J R, *et al.* The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates [J]. *Bioscience*, 2001, 51: 633 - 641.
- [3] JENKINS G P, SUTHERLAND C R. The influence of habitat structure on nearshore fish assemblages in a southern Australian embayment; Colonization and turnover rate of fishes associated with artificial macrophyte beds of varying physical structure [J]. *Journal of Experimental Marine Biology Ecology*, 1997, 218: 108 - 125.
- [4] JENKINS G P, WHEATLEY M J. The influence of habitat structure on near shore fish assemblages in a southern Australian embayment; comparison of shallow seagrass, reef-algal and unvegetated sand habitats, with emphasis on their importance to recruitment [J]. *Journal of Experimental Marine Biology Ecology*, 1998, 221: 147 - 172.
- [5] GUIDETTI P. Differences among fish assemblages associated with near shore *Posidonia oceanica* seagrass beds, rocky-algal reefs and unvegetated sand habitats in the Adriatic Sea [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2000, 50: 515 - 529.
- [6] 陈宝国,李永振,陈新军. 南海主要珊瑚礁水域的鱼类物种多样性研究 [J]. *生物多样性*, 2007, 15 (4): 373 - 381.
- [7] 张雅芝,黄良敏. 厦门东海域鱼类的群落结构及种类多样性研究 [J]. *热带海洋学报*, 2009, 3 (28): 66 - 76.
- [8] 李因强. 珠江口水域鱼类群落结构研究 [D]. 湛江: 广东海洋大学, 2008.
- [9] 林昭进. 珠江口鱼类群落及物种多样性研究 [D]. 上海: 上海水产大学, 2006.
- [10] 张衡. 长江河口湿地鱼类群落的生态学特征 [D]. 上海: 华东师范大学, 2007.
- [11] ALEJANDRO P M, JEFFREY S S. Disentangling the effects of macroalgae on the abundance of temperate reef fishes [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2010, 388: 1 - 10.
- [12] KEVIN C O C, TODD W A. Consequences of habitat disturbance and recovery to recruitment and the abundance of kelp forest fishes [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2010, 386: 1 - 10.
- [13] ALEXANDER G C, SUSAN L W, ROBERT C C. Effects of physical and biological disturbances on algal turfs in Kaneohe Bay, Hawaii [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2000, 248: 1 - 34.
- [14] 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.
- [15] 王凯,章守宇,汪振华,等. 枸杞岛海藻场褐菖鲉的摄食习性 [J]. *水产学报*, 2010, 34 (2): 227 - 235.
- [16] 杨万喜,陈永寿. 嵎泗列岛潮间带群落生态学研究 III. 岩相潮间带底栖生物的种类分布 [J]. *东海海洋*, 1999, 17 (1): 60 - 65.
- [17] 国家海洋局 908 专项办公室编. 海洋生物生态调查技术规程 [M]. 北京: 海洋出版社, 2006: 32 - 48.
- [18] HOLBROOK S J, SCHMITT R J. Resource overlap, prey dynamics, and the strength of competition [J]. *Ecology*, 1989, 70: 1943 - 1953.
- [19] CARR M H. Habitat selection and recruitment of an assemblage of temperate zone reef fishes [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1991, 146: 113 - 137.
- [20] SALE P F, GUY J A, STEEL W J. Ecological

- structure of assemblages of coral reef fishes on isolated patch reefs[J]. *Oecologia*, 1994, 98: 83-99.
- [21] CHOAT J H, AVLING A M. The relationship between habitat structure and fish faunas on New Zealand reefs [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1987, 110: 257-284.
- [22] FERRIRA C E L, GONCALVES J E A, COUTINHO R. Community structure of fishes and habitat complexity on tropical rocky shore[J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2001, 61: 353-369.
- [23] ANDERSON M J, MILLAR R B. Spatial variation and effects of habitat on temperate reef fish assemblages in north eastern New Zealand [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2004, 305: 191-221.
- [24] HOLBROOK S J, CARR M H, SCHMITT R J, *et al.* Effect of giant kelp on local abundance of reef fishes: the importance of ontogenic resource requirements[J]. *Bulletin of Marine Science*, 1990, 47: 104-114.
- [25] 杜佳垠. 褐菖鲉生态学特点与增养殖进展[J]. *北京水产*, 2005, 6: 54-58.
- [26] SEOK N K, GUN W B, DAVID W K. Comparative feeding ecology of two sympatric greenling species, *Hexagrammos otakii* and *Hexagrammos agrammus* in eelgrass *Zostera marina* beds [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2005, 74: 129-140.
- [27] GUERRA-GARCIA J M, BAEZA-ROJANO E, CABEZAS M P, *et al.* Spatial patterns and seasonal fluctuations of the intertidal Caprellidae (Crustacea: Amphipoda) from Tarifa Island, Southern Spain [J]. *Zoology Baetica*, 2009, 20: 59-71.
- [28] YUTAKA K, MITSUHIKO S, MAKOTO S. Age and growth of the Hexagrammid fish *Hexagrammos agrammus* at Aburatsubo, Japan [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1991, 57(7): 1293-1299.
- [29] 苏锦祥. 鱼类学与海水鱼类养殖[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 294-297.

欢迎订阅 2012 年《中国渔业质量与标准》

《中国渔业质量与标准》是由农业部主管、中国水产科学研究院主办的综合性学术刊物。本刊宗旨是刊载我国渔业领域质量安全和标准等方面的政策法规、技术资讯及研究成果, 搭建渔业质量与标准工作沟通交流的平台, 提高渔业质量和标准水平, 促进渔业可持续发展。主要收录水产品质量安全研究和标准研究等方面的具有创新性和学术价值的研究论文、综述等。

本刊现为季刊, 大 16 开, 每逢 3、6、9、12 月出版, 自办发行, 每期定价 18 元, 全年价 72 元, 加邮费全年定价共计 80 元。国际标准刊号: ISSN 2095-1833, 国内统一刊号: CN 11-6018/S。凡需订阅本刊者, 可直接与编辑部联系。

编辑部地址: 北京丰台区永定路南青塔 150 号《中国渔业质量与标准》编辑部(邮编: 100141)

联系人: 穆迎春, 许玉艳

联系电话: 010-68690728

Website: www.fisheryqs.com

Characteristics of dominant fish assemblages in kelp bed habitat of Gouqi Island and distribution diversity in coastal area

ZHANG Shou-yu^{*}, WANG Lei, WANG Zhen-hua, WANG Kai, LIN Jun
(College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to find out the characteristics and distribution of dominant fish assemblages in kelp beds of Gouqi Island, we sampled the fish assemblages in kelp beds and sandy beach every month from February 2009 to January 2010. The composition, biological characteristics and prey habits of dominant species were compared, separately. The results showed that the dominant fishes in kelp beds dominated by larger macroalgae *Sargassum horueri* or smaller algae, as *Ulva pertusa* were the same, i. e. *Sebastiscus marmoratus*, *Agrammus agrammus* and *Nibea albiflora*. The assemblages of *S. marmoratus*, with younger age and smaller size, have frequent prey activity along the coast and large variety in abundance. The strong recruitment of stock comes from the high reproduction of female, which were early sexual maturation and more than male in abundance. Prey variety of objects survived from the overfishing. The assemblages of both *A. agrammus* and *N. albiflora* were younger age and affected by the migration assemblages from open sea. The growth of above three species was different owing to the different feeding habits and prey objects. Meanwhile, due to the food conversion at the different stages of development, body variety and predation pressure from the top predator, *S. marmoratus* and *N. albiflora* will alter their choice in habitats for different utilization. *A. agrammus* doesn't change into prey objects in its life, so the main activity habitats are affected by Caprellidea, the major feeding target.

Key words: kelp bed; food conversion; assemblage structure; body length; distribution characteristics

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