

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2013.01284

象山港黄姑鱼的食物组成与摄食习性

林楠¹, 姜亚洲¹, 袁兴伟¹, 郭靖^{1,2}, 凌建忠¹, 杨林林¹, 李圣法¹

1. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 农业部东海与远洋渔业资源开发利用重点实验室, 上海 200090;
2. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306

摘要: 利用 2011 年 10 月至 2012 年 9 月在象山港水域采集的 365 尾黄姑鱼(*Nibea albiflora*)样本, 结合其生物环境的同步调查数据, 采用胃含物中饵料生物质量百分比(W%)、个数百分比(N%)和出现频率(F%)分析其饵料生物组成, 采用相对重要性指数(IRI)和百分比相对重要性指数(IRI%)衡量各饵料生物的重要性; 采用空胃率和胃饱满指数分析黄姑鱼的摄食强度; 采用选择性指数 V_a 检验黄姑鱼对某种饵料生物是否具有选择性。研究表明, 黄姑鱼的饵料生物共 34 种, 主要摄食虾类, 其中巨指长臂虾(*Palaemon macrodactylus*)、葛氏长臂虾(*Palaemon gravieri*)、口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)、刺螯鼓虾(*Alpheus hoplocheles*)和日本鼓虾(*Alpheus japonicus*)等是黄姑鱼主要的摄食对象。黄姑鱼的摄食强度受季节和体长变化影响, 冬季的摄食强度最低; 体长大于 190 mm 个体的摄食强度较低。此外, 性腺发育对摄食强度也存在一定影响。春、秋和冬季黄姑鱼主要以摄食巨指长臂虾、葛氏长臂虾、口虾蛄和日本鼓虾等为食; 夏季以巨指长臂虾、脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda*)和中华管鞭虾(*Solenocera crassicornis*)等为食。体长 80~220 mm 的黄姑鱼主要以小型虾类为食, 而体长大于 220 mm 的黄姑鱼主要摄食鱼类、口虾蛄等较大个体的饵料生物。选择性指数计算结果显示, 巨指长臂虾(选择性指数为 0.145, $\chi^2=4.192$, $P<0.05$)、刺螯鼓虾(选择性指数为 0.141, $\chi^2=3.957$, $P<0.05$)是其偏好食物, 日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)(选择性指数为 -0.174, $\chi^2=6.030$, $P<0.05$)则属不易获得食物。结论认为, 黄姑鱼在象山港水域有着广泛的食物来源, 摄食种类多样, 不同季节和体长组的食物组成和摄食强度有所变化, 具有独特的食物选择性和摄食习性。建议在今后的黄姑鱼增殖养护工作中, 实时监测象山港水域黄姑鱼的种群变化动态, 结合港内黄姑鱼饵料生物的分布状况, 确定黄姑鱼合理的增殖放流规模和放流地点, 以争取最优的生态功效。

关键词: 黄姑鱼; 食物组成; 摄食习性; 食物选择; 象山港; 东海

中图分类号: S93

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2013)06-1284-09

黄姑鱼 [*Nibea albiflora* (Richardson)] 隶属于石首鱼科(Sciaenidae), 黄姑鱼属, 为近海中下层鱼类, 广泛分布于中国沿岸^[1]。象山港位于浙江省中部, 属狭长型半封闭海湾, 黄姑鱼是该水域的优质渔业资源种类, 常年均有分布, 为当地渔业重要捕捞对象。近年来, 随着过度捕捞、环境污染等人为干扰程度日益加剧, 象山港黄姑鱼等鱼类资源日趋衰退, 其渔业资源的科学管理与修复

问题亟待解决^[2], 而对黄姑鱼的增殖放流是目前该水域最为重要的渔业修复措施之一。

总结国内外增殖放流的相关经验, 了解增殖目标种类的基础生物学和种群生态学特征是制定和优化增殖放流政策的重要基础^[3]。摄食习性的研究是了解鱼类生态功能的基础环节, 是鱼类生态学研究的基本内容, 对生物资源保护有着重要作用^[4]; 同时, 掌握鱼类摄食习性及其饵料

收稿日期: 2013-03-13; 修订日期: 2013-05-13.

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项经费项目(201003068); 中央级公益性科研院所基本科研业务专项资金(中国水产科学研究院东海水产研究所)资助项目(2011T08).

作者简介: 林楠(1983-), 男, 助理研究员, 主要从事鱼类生态学研究. E-mail: nektonlin@sina.cn

通信作者: 李圣法, 研究员. E-mail: shengfa@sh163.net

生物组成特征是确定相关种类增殖放流规模的基础依据^[5]。目前, 黄姑鱼的研究主要集中在形态学、年龄与生长、人工育苗、遗传特性等方面^[6-9], 而对摄食方面研究, 除对渤海黄姑鱼的摄食种类描述外^[10], 尚未见详细的研究报道。本课题组利用 2011 年 10 月至 2012 年 9 月在象山港水域采集的黄姑鱼样本, 结合其潜在饵料生物的同步调查资料, 重点分析黄姑鱼的饵料生物组成、摄食的季节和体长变化及其对主要饵料生物的选择性, 旨在丰富象山港黄姑鱼基础生物学研究的同时, 为该种类增殖养护策略的优化提供

基础信息。

1 材料与方法

1.1 样品采集

黄姑鱼和饵料生物样品取自 2011 年 10 月至 2012 年 9 月期间, 每月中旬开展的象山港渔业资源定点调查, 调查水域和站位布设如图 1。调查网具为桁杆拖虾网, 其桁杆长度为 7 m, 囊网网目尺寸为 13 mm; 调查期间每站拖曳 30 min, 平均拖速为 1.5 kn。同时收集站点邻近水域地笼网生产的黄姑鱼, 补充样本数量。



图 1 象山港黄姑鱼采样站位

Fig. 1 Map of sampling stations of *Nibea albiflora* in Xiangshan Bay

样品经速冻后带回实验室分析, 对获得的饵料生物样本进行种类鉴定及计数, 并计算丰度。对黄姑鱼样本进行常规生物学测定: 体长精确至 1 mm, 纯体质量精确至 0.01 g。根据常用的性腺发育分析方法^[11]划分性成熟度, 将性腺发育到 期和 期以上的定为性成熟个体。摘取黄姑鱼的胃, 对胃含物进行种类鉴定(尽可能鉴定到种)、计数和称重(精确 0.01 g)。为比较不同个体大小黄姑鱼的摄食习性差异, 将黄姑鱼分为 5 个体长组, 分别为 80~130 mm、131~160 mm、161~190 mm、191~220 mm 和 220 mm 以上。

1.2 定量指标

胃含物中饵料生物的质量百分比($W\%$)、个数百分比($N\%$)和出现频率($F\%$)的计算公式分别为:

$$W\% = \frac{\text{某饵料生物质量}}{\text{胃含物总质量}} \times 100$$

$$N\% = \frac{\text{某饵料生物个数}}{\text{饵料生物总个数}} \times 100$$

$$F\% = \frac{\text{含某饵料生物的尾数}}{\text{总非空胃数}} \times 100$$

采用相对重要性指数(IRI)和百分比相对重要性指数(IRI%)衡量各饵料生物的重要性^[12], 计算公式为:

$$IRI = (W_i\% + N_i\%) \times F_i\%$$

$$IRI\% = 100 \times IRI / \sum_{i=1}^n IRI$$

摄食强度以空胃率和胃饱满指数表示:

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

$$\text{胃饱满指数}(\%) = \frac{\text{食物团质量}}{\text{鱼体纯体质量}} \times 1000$$

1.3 选择性指数

为了检验黄姑鱼是否对某种饵料生物具有选择性, 采用的选择性指数为 $V_a = \frac{a_d b_e - a_e b_d}{\sqrt{a b d e}}$ [13],

其中 V_a 表示黄姑鱼对物种 a 的选择性指数; a_d 是物种 a 在胃含物中的相对丰度; b_e 是环境中除物种 a 外, 其他种类的相对丰度; a_e 是物种 a 在环境中的相对丰度; b_d 是胃含物中除物种 a, 其他种类的相对丰度; $a = a_d + a_e$, $b = b_d + b_e$, $d = a_d + b_d$, $e = a_e + b_e$; $\chi^2 = nV^2$, $n = a_d + a_e + b_d + b_e$.

选择性指数的值在-1 和+1 之间, 根据正负值大小, 估计鱼类对某种饵料生物的选择性程度。负值表示对该饵料生物避食, 或该饵料生物不易得; 正值表示有喜好性, 积极选择性, 或易得; 零表示无选择性, 随机摄取[4]。

2 结果与分析

调查期间, 采集到可用于胃含物分析的黄姑鱼 365 尾, 其中空胃个体 148 尾, 体长范围为 80 ~ 358 mm。春季为 (187.0 ± 5.0) mm, 夏季为 (181.6 ± 3.1) mm, 秋季体长为 (165.5 ± 2.9) mm, 冬季为 (170.7 ± 3.7) mm。单因素方差分析结果显示, 黄姑鱼样品的平均体长存在明显的季节差异 [$F_{(3, 361)} = 7.484, P < 0.001$]。

2.1 摄食强度

各季节黄姑鱼的摄食强度有所不同。其中, 冬季空胃率最高(54.79%), 平均胃饱满指数最低(8.44‰); 其他季节的空胃率为 40%左右, 而夏季

平均胃饱满指数最高(表 1), 但胃饱满指数随季节 [$F_{(3, 213)} = 1.447, P > 0.05$] 变化不显著。性腺成熟度分析结果显示, 黄姑鱼仅在春、夏季出现 期或 期以上的性成熟个体, 其空胃率达 60%以上, 平均胃饱满指数低于 8‰; 而同时期 期以下个体的空胃率仅为 40%左右, 平均胃饱满指数达 12‰以上。

各体长组中, 体长大于 190 mm 的黄姑鱼空胃率最高, 达到了 50.00%; 其他体长组的空胃率在 34% ~ 41%。体长在 130 ~ 160 mm 的黄姑鱼平均胃饱满指数最高, 其后随着体长的增加而降低(图 2), 且各体长组平均胃饱满指数的差异显著 [$F_{(3, 206)} = 3.280, P < 0.05$]。

2.2 食物组成

象山港水域黄姑鱼的饵料生物有 34 种(含无法鉴定到种的饵料), 其中鱼类 6 种, 虾类 16 种, 蟹类 4 种, 口足类 2 种以及多毛类、贝类、螺类、

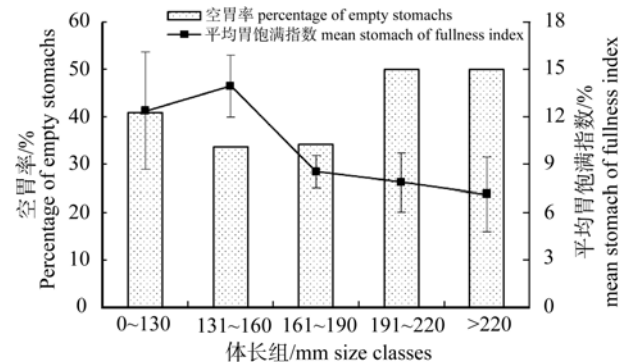


图 2 象山港黄姑鱼各体长组的空胃率和平均胃饱满指数
Fig. 2 Percentage of empty stomachs and mean stomach fullness index of *N. albiflora* for each size class in Xiangshan Bay

表 1 象山港黄姑鱼各季节的空胃率和平均胃饱满指数

Tab.1 Percentage of empty stomachs and mean stomach fullness index of *N. albiflora* each season in Xiangshan Bay

季节 season	空胃率/% percentage of empty stomachs		平均胃饱满指数/% mean stomach fullness index	
	性未成熟个体 immaturity	性成熟个体 maturity	性未成熟个体 immaturity	性成熟个体 maturity
春季 spring	41.38	61.54	12.70 ± 3.77	7.44 ± 3.15
夏季 summer	42.11	65.38	14.54 ± 2.97	5.93 ± 2.30
秋季 autumn	38.36	-	9.60 ± 1.13	-
冬季 winter	54.79	-	8.45 ± 1.29	-

注: “-”表示未获得样本。
Note: “-”means no simple.

表 2 象山港黄姑鱼的食物组成
Tab.2 Diet composition of *N. albiflora* in Xiangshan Bay

饵料生物 prey organism	W%	N%	F%	IRI	IRI%
鱼类 fish	5.50	2.36	6.75	11.06	0.33
黄吻棱鲷 <i>Thryssa vitrirostris</i>	1.74	0.86	2.45	6.38	0.19
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	0.71	0.21	0.61	0.57	0.02
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	1.65	0.21	0.61	1.14	0.03
纹缟虾虎鱼 <i>Tridentiger trionocephalus</i>	0.37	0.21	0.61	0.36	0.01
焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i>	0.50	0.21	0.61	0.44	0.01
不可辨认鱼类 unidentified species	0.54	0.64	1.84	2.18	0.06
虾类 shrimp	70.80	79.83	93.87	3033.45	89.17
日本囊对虾 <i>Marsupenaeus japonicus</i>	1.17	0.43	0.61	0.98	0.03
凡纳滨对虾 <i>Litopenaeus vannamei</i>	1.56	0.21	0.61	1.09	0.03
哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	0.39	0.21	0.61	0.37	0.01
细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i>	0.31	0.86	2.45	2.88	0.08
中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>	3.57	3.65	9.20	66.41	1.95
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	2.33	1.72	3.68	14.88	0.44
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	5.49	6.22	14.11	165.25	4.86
刺螯鼓虾 <i>Alpheus hoplocheles</i>	6.35	6.87	16.56	218.91	6.43
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	0.04	1.07	1.23	1.36	0.04
细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	0.13	0.86	2.45	2.42	0.07
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	16.26	14.38	25.77	789.43	23.20
巨指长臂虾 <i>Palaemon macrodactylus</i>	19.45	29.61	32.52	1595.20	46.89
脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>	10.83	3.43	5.52	78.78	2.32
鞭腕虾 <i>Hippolytina vittata</i>	0.66	3.00	4.91	17.96	0.53
疣背宽额虾 <i>Latreutes planirostris</i>	0.81	3.00	7.36	28.07	0.83
不可辨认虾类 unidentified species	1.47	4.29	8.59	49.47	1.45
蟹类 crap	6.40	6.22	14.11	121.73	3.58
日本蟳 <i>Charybdis japonica</i>	5.84	4.94	11.04	119.03	3.50
绒螯近方蟹 <i>Hemigrapsus penicillatus</i>	0.42	0.86	1.84	2.35	0.07
四齿矶蟹 <i>Pugettia quadridens</i>	0.03	0.21	0.61	0.15	0.00
不可辨认蟹类 unidentified species	0.10	0.21	0.61	0.20	0.01
十足类 Stomatopods	16.22	4.51	12.27	226.85	6.67
黑斑口虾蛄 <i>Oratosquilla kempii</i>	1.12	0.21	0.61	0.82	0.02
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	15.10	4.29	11.66	226.03	6.64
其他 others	1.09	7.08	4.91	8.97	0.26
薄信棘蛇尾 <i>Amphioplus parestans</i>	0.07	0.21	0.61	0.17	0.01
麦杆虫 <i>Caprella kroyeri</i>	0.02	0.21	0.61	0.15	0.00
水虱 <i>Idotea</i> sp.	0.18	5.79	1.23	7.33	0.22
贝类 unidentified shellfish species	0.06	0.43	1.23	0.60	0.02
螺类 unidentified snail species	0.07	0.21	0.61	0.18	0.01
沙蚕 <i>Polychaeta</i> spp.	0.70	0.21	0.61	0.56	0.02

注: W%—质量百分比, N%—个数百分比, F%—出现频率, IRI—相对重要性指数, IRI%—百分比相对重要性指数.

Note: W%—percentage in weight, N%—percentage in number, F%—percentage of occurrence frequency, IRI—relative importance index, IRI%—percentage of relative importance index.

等足类、端足类和蛇尾类各 1 种(表 2)。虾类是黄姑鱼最主要的饵料生物,其百分比相对重要性指数达到 89.17%;口足类(6.67%)次之;其后为蟹类(3.58%)和鱼类(0.33%);而其他种类所占比例较少。

具体种类而言,各种饵料生物中巨指长臂虾(*Palaemon macrodactylus*)的贡献最大,其百分比相对重要性指数(IRI%)所占比例达 46.89%,列第一位;其次为葛氏长臂虾(*Palaemon gravieri*)(23.20%)。百分比相对重要性指数超过 1%的饵料生物还有口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)、刺螯鼓虾(*Alpheus hoplocheles*)、日本鼓虾(*Alpheus japonicus*)、日本蛄(*Charybdis japonica*)、脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda*)和中华管鞭虾(*Solenocera crassicornis*),这 8 个种类的百分比相对重要性指数占所有饵料生物的 95.80%。水虱(*Idotea* sp.)的个数百分比(5.79%)较高,但因其个体较小,其质量百分比(W%)仅占 0.23%,百分比相对重要性指数(IRI%)较低。黄吻棱鳃(*Thryssa vitrirostris*)、虾虎鱼科(Gobiidae)和焦氏舌鳎(*Cynoglossus joyneri*)等鱼类个体相对较大,但出现的数量较少,其百分比相对重要性指数也较低。

2.3 食物组成随季节的变化

春季黄姑鱼饵料生物种类较少,为 12 种,葛氏长臂虾、巨指长臂虾和鲜明鼓虾为主要饵料生物,百分比相对重要性指数分别为 55.71%、23.34%和 7.32%。夏季共有饵料生物 18 种,主要优势种分别为巨指长臂虾(62.47%)、脊尾白虾(16.00%)和中华管鞭虾(7.85%)。秋季的饵料生物有 24 种,巨指长臂虾(43.11%)、葛氏长臂虾(18.65%)和口虾蛄(13.98%)是主要种类。冬季有 15 种饵料生物,葛氏长臂虾(63.00%)为最优势种,日本鼓虾(17.38%)次之(表 3)。

2.4 食物组成随体长的变化

以百分比相对重要性指数衡量,通过以 Bray-Curtis 相似性指数对各体长组食物组成进行聚类分析,可将体长组分为 80~160 mm、161~220 mm 和大于 220 mm 3 个组,其中体长组大于

220 mm 个体的食物组成与其他体长组有较大差别,平均相似性系数为 57.64%。体长为 220 mm 以下的黄姑鱼饵料生物均以巨指长臂虾和葛氏长臂虾为主,而大于 220 mm 的黄姑鱼以口虾蛄(IRI%=46.92)和鱼类(IRI%=11.26)等较大个体的饵料生物为主(表 4)。而体长 80~160 mm 组和 161~220 mm 组的平均相似系数为 66.21%,主要由摄食不同比例的巨指长臂虾、葛氏长臂虾、口虾蛄和日本鼓虾等种类造成的(图 3)。

表 3 各季节象山港黄姑鱼主要饵料生物的百分比相对重要性指数 (IRI%)

Tab.3 Seasonal variation of relative importance index percentage (IRI%) of major species in diets of *N. albiflora* in Xian shang Bay

种类 prey species	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
巨指长臂虾 <i>P. macrodactylus</i>	23.34	62.47	43.11	8.57
葛氏长臂虾 <i>P. gravieri</i>	55.71	—	18.65	63.00
口虾蛄 <i>O. oratoria</i>	1.24	1.53	13.98	1.33
刺螯鼓虾 <i>A. hoplocheles</i>	0.99	3.61	9.38	3.12
日本蛄 <i>C. japonica</i>	0.00	0.53	7.45	1.71
日本鼓虾 <i>A. japonicus</i>	3.87	0.95	2.58	17.38
中华管鞭虾 <i>S. crassicornis</i>	—	7.85	1.32	—
脊尾白虾 <i>E. carinicauda</i>	—	16.00	0.08	0.65

注:“—”表示未获样本。

Note: “—” means no sample.

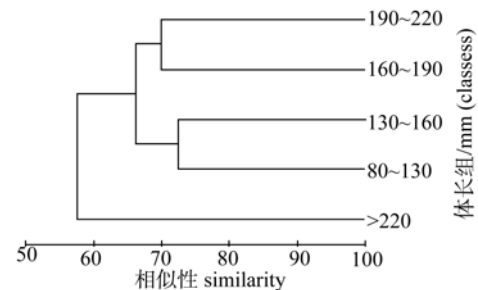


图 3 象山港黄姑鱼各体长组食物组成的聚类分析图

Fig. 3 Cluster analysis dendrogram of dietary composition of *N. albiflora* from Xiangshan Bay in each body size class

表 4 象山港黄姑鱼各体长组主要饵料生物的百分比相对重要性指数 (IRI%)
Tab.4 Variation of IRI% of major species in diets of *N. albiflora* in each body length class

种类 prey species	体长组/mm body length class				
	80 ~ 130	131 ~ 160	161 ~ 190	191 ~ 220	>220
巨指长臂虾 <i>P. macrodactylus</i>	32.96	33.13	50.08	56.34	9.19
葛氏长臂虾 <i>P. gravieri</i>	30.61	20.79	26.46	16.19	4.64
口虾蛄 <i>O. oratoria</i>	11.98	2.50	5.98	0.35	46.92
日本蛸 <i>C. japonica</i>	6.29	5.76	10.19	0.27	2.34
日本鼓虾 <i>A. japonicus</i>	5.89	3.80	1.02	11.51	0.95
刺螯鼓虾 <i>A. hoplocheles</i>	3.41	6.40	2.18	6.99	3.78
鱼类 fish	-	0.83	0.19	-	11.26

注: “-”表示未获样本。

Note: “-” means no sample.

2.5 食物选择性

小型桁杆拖虾网的调查结果显示, 黄姑鱼的主要饵料生物在环境水域中和胃含物中所占数量百分比存在明显差异。自然环境中, 巨指长臂虾、葛氏长臂虾、中华管鞭虾、口虾蛄、日本囊对虾、日本蛸等是象山港的主要优势种, 出现数量占总渔获物数量的 58.01%; 而在黄姑鱼的胃含物中, 巨指长臂虾、葛氏长臂虾、刺螯鼓虾、日本鼓虾、日本蛸、口虾蛄等主要优势种数量占饵料生物总数的 66.31%(图 4)。

研究显示, 巨指长臂虾(选择性指数 $V=0.145$, $\chi^2=4.192$, $P<0.05$)和刺螯鼓虾($V=0.141$, $\chi^2=3.957$, $P<0.05$)的选择性指数呈显著的正相关, 是黄姑鱼的偏好摄食的饵料生物。除此之外, 葛氏长臂虾、鞭腕虾(*H. vittata*)、日本鼓虾、脊尾白虾、鲜明鼓虾(*A. distinguendus*)等种类的选择性指数也呈现正相关, 但不显著($P>0.05$)。而日本囊对虾($V=-0.174$, $\chi^2=6.030$, $P<0.05$)的选择性指数呈显著的负相关, 是黄姑鱼不喜或不易摄取的一种饵料生物。此外, 中华管鞭虾、口虾蛄、日本蛸、细巧仿对虾(*P. tenella*)、疣背宽额虾(*L. planirostris*)、纹缟虾虎鱼(*T. trigonocephalus*)等种类的选择性指数也呈现负相关, 但不显著($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 摄食强度变化

研究显示, 象山港水域黄姑鱼的摄食强度呈

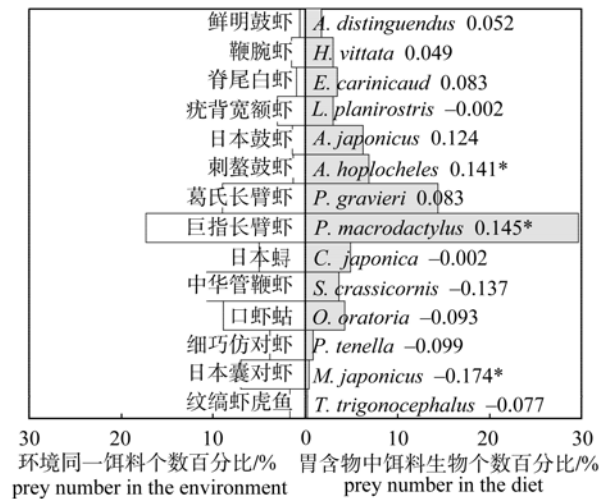


图 4 象山港黄姑鱼饵料生物在环境和胃含物中的个数百分比

表中数值为选择性指数; “*”表示显著相关 $P<0.05$ 。

Fig. 4 Percentage of different prey species in environment and diet of *N. albiflora* in Xiangshan Bay
The values in the figure are selection indexes. “*” means significance at $P<0.05$.

现 3 个特点: 1) 冬季的空胃率最高, 平均胃饱满指数较低。冬季饵料生物的减少以及水温的下降, 会导致其在冬季摄食强度的降低。这与一些研究表明鱼类在越冬期会减少摄食^[14]的观点类似。2) 摄食强度与性腺成熟度有关。有研究表明性腺成熟个体由于性腺发育会影响摄食强度变化^[15]。黄姑鱼的初次性成熟年龄在 2 龄, 最小性成熟体长约为 200 mm, 并在夏季产卵^[16], 因此在春、夏季同时存在性腺成熟和未成熟不同的个体, 其中

性成熟个体由于性腺发育占据一定的体腔空间,导致摄食强度的减弱;而未达到性成熟年龄的个体,由于不存在性腺发育的压力,在饵料丰富的春、夏季大量进食,使得平均胃饱满指数高于其他季节。此外,各体长组空胃率和平均胃饱满指数的分析结果显示,体长大于 190 mm 的个体的摄食强度较低,这是因为多数的大个体黄姑鱼性腺开始发育,从而影响了摄食强度。

3.2 饵料生物组成及其选择性

研究表明,象山港水域黄姑鱼食源范围较广,包括鱼类、虾类、蟹类、口足类、多毛类、贝类、螺类、等足类、端足类和蛇尾类等几大类,几乎涵盖了象山港水域所有的生物类群^[2],这表明黄姑鱼是一种广食性的鱼类。基于百分比相对重要性指数分析结果,虾类是黄姑鱼最主要的摄食对象,其次是口足类、蟹类和鱼类。选择性指数的分析显示,在象山港水域,黄姑鱼对鲜明鼓虾、鞭腕虾、脊尾白虾、日本鼓虾、葛氏长臂虾、巨指长臂虾和刺螯鼓虾等种类具有一定的偏好性;而对中华管鞭虾、口虾蛄、细巧仿对虾、日本囊对虾、纹缟虾虎鱼等种类的选择性指数则为负值。

鱼类对食物的选择受多种因素影响。有研究认为,鱼类对食物的选择主要受水域中饵料生物的组成和丰度的影响^[17]。一般来说,在适合该种鱼的食性范围内,总是以栖息水域中数量最多,出现时间最长的饵料生物为主要食物^[18]。巨指长臂虾(选择性指数 $V=0.145$, $P<0.05$)在象山港水域常年有分布且数量较多^[2],因此成为黄姑鱼在象山港水域最主要的饵料生物,其在不同季节和不同体长组中的饵料生物中所占的比例均位于前列。这表明了巨指长臂虾是象山港水域黄姑鱼最为偏好摄食的饵料生物。同时,饵料个体的大小同样也影响鱼类对食物的选择^[19]。本研究得知,黄姑鱼所摄食的虾类大多为小型种类。虽然中华管鞭虾等中型种类在夏、秋季的数量增多,但其在黄姑鱼饵料生物中所占的比例却并未增高,且被摄食个体也均为较小的幼体。此外,饵料生物的逃避能力也是影响鱼类对食物选择性的主要因素之一^[19]。有研究表明,将水草或淤泥作为栖息

场所的种类不易被鱼类摄食^[20-21],这在象山港水域黄姑鱼的摄食习性中体现得尤为明显。在黄姑鱼的饵料生物中,日本囊对虾在象山港水域的数量较多,但其选择性指数(-0.174 , $P<0.05$)却呈显著的负相关。这可能因为日本囊对虾具有潜沙的习性,很难被黄姑鱼所捕食,属于不易摄食的饵料生物。

鱼类对食物的选择性会随着个体的生长发育而发生变化,造成食性转换的现象^[22]。有学者认为,鱼类和饵料生物个体的相对大小与食物摄食选择性有着密切的关系^[23-24]。本研究中,不同体长组的黄姑鱼,其摄食习性有所差异。体长小于 220 mm 的黄姑鱼,主要摄食小型虾类;而随着个体的生长发育,其主要摄食对象逐渐转变为口虾蛄、鱼类等较大个体的种类。这一现象符合“最佳摄食理论”,即捕食者总是尽可能地捕食大个体的饵料生物,从而最大限度地获得能量^[25]。这种食性的转换有利于扩大鱼类的饵料基础,满足不同生长发育阶段的饵料需求,有效利用有限的食物资源^[26]。

综上所述,黄姑鱼在象山港水域有着广泛的食物来源,摄食种类多样,不同季节和体长组的食物组成和摄食强度有所变化,具有独特的食物选择性和摄食习性。基于黄姑鱼这一摄食特点,建议在今后的黄姑鱼增殖养护工作中,实时监测象山港水域黄姑鱼的种群变化动态,结合港内黄姑鱼饵料生物的分布状况,确定黄姑鱼合理的增殖放流规模和放流地点,以争取最优的生态功效。

参考文献:

- [1] 倪勇, 伍汉霖. 江苏鱼类志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 543-545.
- [2] 尤仲杰, 焦海峰. 象山港生态环境与修护技术研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2011.
- [3] 危起伟, 杨德国, 吴湘香. 世界鱼类资源增殖放流概况[C]. 2005 水电水利建设项目环境与水生生态保护技术政策研讨会论文集, 2005: 457-467.
- [4] Alp A, Yeğen V, Apaydin Yağci M, et al. Diet composition and prey selection of the pike, *Esox lucius*, in Civril Lake, Turkey[J]. J Appl Ichthyol, 2008, 24(6): 670-677.
- [5] Heikki P, Hannu R, Jukka R. Diet and prey selection of

- pikeperch (*Stizostedion lucioperca*(L.)) in Lake Vesijärvi and analysed with a logit model[J]. *Annales Zoologici Fennici*, 1996, 33: 481–487.
- [6] 韩冰, 王艳君, 高天翔, 黄, 东海 3 个黄姑鱼群体和 1 个鲢鱼群体的形态学比较研究[J]. *海洋水产研究*, 2007, 28(3): 23–30.
- [7] 吴常文, 赵淑江, 胡春春. 东海黄姑鱼年龄与生长的初步研究[J]. *海洋渔业*, 2005, 27(3): 193–199.
- [8] 雷霖霖, 陈超, 徐延康, 等. 黄姑鱼工厂化育苗技术研究[J]. *海洋科学*, 1992, 11(6): 5–10.
- [9] 韩志强, 高天翔, 王志勇, 等. 黄姑鱼群体遗传多样性的 AFLP 分析[J]. *水产学报*, 2006, 30(5): 640–646.
- [10] 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.
- [11] 麦贤杰, 黄伟健, 叶富良, 等. 海洋鱼类繁殖生物学和人工繁育[M]. 北京: 海洋出版社, 2005.
- [12] Pinkas L, Oliphant M, Iverson L K. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters[J]. *California Department of Fish and Game Fish Bulletin*, 1971, 152: 1–105.
- [13] Sifford P Jr. Estimating Prey Preference by Predators: Uses of Various Indices, and a Proposal of Another Based on χ^2 [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1982, 39: 914–923.
- [14] 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.
- [15] Olaso I, Rauschert M, Broyer C D. Trophic ecology of the family Artedidraconidae (Pisces: Osteichthyes) and its impact on the eastern Weddell Sea benthic system[J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 2000, 194: 143–158.
- [16] 山田梅芳, 时村宗春, 堀川博史, 等. 东海·黄海鱼类志[M]. 神奈川: 东海大学出版会, 2007: 780–784.
- [17] Mann R K H. The annual food consumption and prey preferences of pike (*Esox lucius*) in the River Frome, Dorset[J]. *J Anim Ecol*, 1982, 51: 220–226.
- [18] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 70–71.
- [19] Manderson J P, Phelan B A, Stoner A W, et al. Predator-prey relations between age-1⁺ summer flounder (*Paralichthys dentatus*, Linnaeus) and age-0 winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*, Walbaum): predator diets, prey selection, and effects of sediments and macrophytes[J]. *J Exper Mar Biol Ecol*, 2000, 251: 17–39.
- [20] Savino J, Stein R. Predator-prey interaction between largemouth bass and bluegills as influenced by simulated, submerged vegetation[J]. *Trans Am Fish Soc*, 1982, 111(3): 255–266.
- [21] Godinho F R, Ferreira M T, Cortes R V. The environmental basis of diet variation in pumpkinseed sunfish, *Lepomis gibbosus*, and largemouth bass, *Micropterus salmoides*, along an Iberian river basin[J]. *Envir Biol Fish*, 1997, 50(1): 105–115.
- [22] Wootton R J. Ecology of teleost fishes[M]. London: Chapman & Hall, 1990: 33–41.
- [23] Fuiman L A. The interplay of ontogeny and scaling in the interactions of fish larvae and their predators[J]. *J Fish Biol*, 1994, 45(Suppl. A): 55–79.
- [24] Werner E E, Gilliam, J F. The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations[J]. *Ann Rev Ecol System*, 1984, 15: 393–425.
- [25] Gerking S D. Feeding ecology of fish[M]. San Diego. US: Academic Press, 1994.
- [26] Brooks J L, Dodson S I. Predation, body size, and competition of plankton[J]. *Science*, 1965, 150: 28–35.

Diet composition and feeding ecology of *Nibea albiflora* in Xiangshan Bay, east China Sea

LIN Nan¹, JIANG Yazhou¹, YUAN Xingwei¹, GUO Jing^{1,2}, LING Jianzhong¹, YANG Linlin, LI Shengfa¹

1. Key Laboratory of East China Sea and Oceanic Fishery Resources Exploitation, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China;

2. College of Marine Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: Wild populations of *Nibea albiflora* are supplemented by release of hatchery individuals in Xiangshan Bay. There is little information describing the basic biology of *N. albiflora*, which hinders efforts to improve the supplementation program. We evaluated the diet composition and prey selection of *N. albiflora* in Xiangshan Bay. We collected 365 *N. albiflora* individuals from Xiangshan Bay between October 2011 and September 2012, and analyzed the stomach contents and the prey species from them. We used dietary prey species percentage in weight, dietary prey species percentage in number, and occurrence frequency of species in stomach content to analyze the organism composition in diets. We used the importance index (IRI) and IRI% to determine the importance of the prey species in diets, used the empty stomach rate and stomach fullness index to evaluate the feeding intensity of fish, and used selection index V_a to verify certain species of *N. albiflora* selection. We identified 34 prey species in the stomachs of *N. albiflora*, suggesting it was a generalist. Shrimps were the dominant prey groups. At the species level, the main prey items were *Palaemon macrodactylus*, *Palaemon gravieri*, *Oratosquilla oratori*, *Alpheus hoplocheles*, and *Alpheus japonicas*. Feeding activity varied seasonally and with ontogeny. The feeding intensity was lowest in winter and in large-sized individuals (>190 mm). Feeding activity was also correlated with gonad maturation. The diet composition of *N. albiflora* was similar in autumn, winter, and spring, consisting primarily of *Palaemon macrodactylus*, *Palaemon gravieri*, *Oratosquilla oratori*, and *Marsupenaeus japonicas*, whereas the diet in summer consisted of *Palaemon macrodactylus*, *Exopalaemon carinicauda*, and *Solenocera crassicornis*. Shrimps were the dominant prey groups of small-sized individuals (80-220 mm), whereas the marine fishes and *Oratosquilla oratori* were the dominant prey groups of large-sized individuals (>220 mm). *N. albiflora* strongly preferred *Palaemon macrodactylus* ($V=0.145$, $\chi^2=4.192$, $P<0.05$) and *Alpheus hoplocheles* ($V=0.141$, $\chi^2=3.957$, $P<0.05$). *Penaeus japonicas* was abundant in the environment, but it was negatively selected in the diet ($V=-0.174$, $\chi^2=6.030$, $P<0.05$) of *N. albiflora*. The feeding selectivity of *N. albiflora* was related to the composition and individual size of food organisms in the environment. To a certain degree, the prey animals' ability to escape predators and the length of the individual also affected the feeding ecology of *N. albiflora* individuals. The conclusions imply the *N. albiflora* in Xiangshan Bay has abundant feed resources and the prey species are various, and the composition of prey species and feeding intensity in different season or different body size class are variational, and this species has a unique feed selection and ecology. It suggests that the distribution of prey organism for *N. albiflora* in Xiangshan Bay should be considered during the selection of releasing scope, releasing season and releasing spot for the purpose of conservation and enhancement of this species.

Key words: *Nibea albiflora*; diet composition; feeding habits; prey selection; Xiangshan Bay; east China Sea

Corresponding author: LI Shengfa. E-mail: shengfa@sh163.net