

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2012.00094

官井洋大黄鱼夏季食物组成和摄食习性

徐佳奕^{1,2}, 陈佳杰², 田丰歌^{1,2}, 徐兆礼²

1. 厦门大学 海洋学系, 福建 厦门 361005;

2. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090

摘要: 2010 年 6 月在福建省官井洋海域收集 579 尾大黄鱼(*Larimichthys crocea*)标本进行胃含物分析, 同步采集取样点附近水域浮游动物及张网样品, 比较大黄鱼胃含物种类与水域中生物种类组成的相似性。结果表明: 大黄鱼食物种类共 32 种, 种类广泛。大黄鱼主要摄食十足类(相对重要性指标百分比%IRI=49.14%)、鱼类(%IRI=20.47%)、磷虾类(%IRI=18.31%)和糠虾类(%IRI=2.34%), 具有以游泳动物、浮游动物为主要食物对象的肉食性摄食习性。细螯虾(*Leptochela gracilis*)(相对重要性指标 IRI=976.10, %IRI=35.38%)和中华假磷虾(*Pseudeuphausia sinica*)(IRI=505.27, %IRI=18.31%)为大黄鱼食物组成中最重要的食物种类。海区中, 浮游动物以桡足类为主, 占有浮游动物总丰度的 45.03%, 主要优势种为太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*, 优势度 $Y=0.14$)、双刺唇角水蚤(*Labidocera bipinnata*, $Y=0.09$)和中华哲水蚤(*Calanus sinicus*, $Y=0.06$); 张网渔获物共鉴定 91 种, 主要为细螯虾、白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)、大黄鱼(*Larimichthys crocea*)、双斑蟳(*Charybdis bimaculata*)、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、银鲳(*Pampus argenteus*)和棱鲅(*Liza carinatus*)。研究表明, 大黄鱼对食物种类具有明显的选择性, 主要体现在喜好追逐捕食海区中的小型虾类和仔、稚、幼鱼以及体型相对较大的浮游动物磷虾类和糠虾类。

关键词: 大黄鱼; 官井洋; 食物组成; 摄食习性

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2012)01-0094-11

大黄鱼(*Larimichthys crocea*)隶属鲈形目(Perciformes), 石首鱼科(Sciaenidae), 主要分布在中国东海和黄海南部, 少数出现在南海雷州半岛东侧近海水域。大黄鱼曾与小黄鱼、带鱼、乌贼合称中国的“四大海产”。到 20 世纪 80 年代末 90 年代初, 野生大黄鱼资源遭到严重破坏。目前, 小黄鱼、带鱼、乌贼资源数量已经有所恢复, “四大海产”中仅野生大黄鱼资源稀少。在此背景下, 渔民迫切希望恢复野生大黄鱼资源。而了解野生大黄鱼摄食习性, 特别是放流规格野生大黄鱼摄食习性, 对于大黄鱼生物研究的深入, 以及制定野生大黄鱼资源恢复措施都具有重要的意义。

中国自 20 世纪 60 年代以来, 对大黄鱼展开

了众多的研究调查, 包括大黄鱼的生长繁殖^[1-6]、洄游^[7]等方面。就摄食习性方面, 仅杨纪明等^[8]在 1962 年对浙江、江苏近海大黄鱼的食性做过较为详细的研究, 之后便鲜有报道。上述研究仅仅观测大黄鱼的胃含物成分, 没有与水体中的浮游动物和游泳动物进行数量比较, 难以定量研究大黄鱼对饵料的选择性。在急需恢复大黄鱼资源的背景条件下, 研究野生大黄鱼摄食习性, 对于大黄鱼增殖放流技术规程的制定, 以及对恢复野生大黄鱼资源具有重要意义, 对海洋食物链的研究也有重要的意义。

国外对于主要经济鱼类食性研究也相当重视, 很早便开展了多项研究。Wiborg^[9]自 1930 年起就

收稿日期: 2011-04-24; 修订日期: 2011-07-18.

基金项目: 国家自然科学基金项目(40776047); 973 计划项目(2010CB428705).

作者简介: 徐佳奕(1987-), 女, 硕士研究生, 主要从事海洋浮游动物学研究. E-mail: jxxjy@163.com

通信作者: 徐兆礼, 研究员. E-mail: xiaomin1957@126.com

对挪威北部沿海几种鳕幼鱼胃含物做了相关调查研究, 并与海洋中浮游动物做比较。Tuncay 等^[10]对土耳其沿岸爱琴海水域真腔吻鳕(*Caelorinchus caelorhincus*)食性进行研究, 认为其为底栖食性, 食物种类以甲壳类和多毛类为主。Pinkas 等^[11]研究了北太平洋海域东部沿海几种金枪鱼的摄食习性, 为之后众多研究的展开奠定了基础。Hikaru 等^[12]研究了长鳍金枪鱼(*Thunnus alalunga*)在春末至秋初, 从北太平洋中心海域的亚热带水域向亚北极区迁移阶段的摄食习性。

由于江苏南部近海和浙江近海大黄鱼数量稀少, 样品价格高昂, 且很难获得, 本研究转而采集较为容易获得样品的官井洋大黄鱼。官井洋位于福建省三沙湾中部, 水深一般 20~30 m, 湾内风浪相对平静, 水温、盐度适宜, 浮游生物丰富, 构成了大黄鱼产卵和幼鱼生长的良好场所, 是中国著名的内湾大黄鱼产卵场。通过对官井洋大黄鱼胃含物成分进行分析, 讨论其食物组成, 并与该水域浮游动物、游泳动物种类组成比较, 为大黄鱼生物学以及大黄鱼资源增殖放流地点判定、种群结构、生态分布等相关研究提供基础资料。

1 材料方法

分析所用大黄鱼样品于 2010 年 6 月取自官井洋水域(图 1), 由于采样时间限制, 未能反映大黄鱼食性的全年变化。采用定置张网采样, 共采集大黄鱼样品 579 尾, 其体长范围为 1.1~24.2 cm, 其中体长为 20 cm 以下的大黄鱼占样品总数的 97.75%, 多为当龄未性成熟个体^[13]。因此本研究主要反映当龄大黄鱼(幼体或小型成体)的食性。样品经生物学测定后, 取出消化道固定于 10% 的福尔马林溶液中。胃含物分析在实验室进行, 记录摄食等级和消化程度, 然后用滤纸吸去食物团表面水分, 用精度为 0.001 g 的电子秤测定食物团总重, 胃含物中饵料生物种类在解剖镜下进行鉴定, 对于消化较为充分的胃含物则通过耳石、鳞片、外壳等一些比较难消化的器官结构进行分析鉴定, 并尽可能定到种, 分别进行计数。

浮游动物样品在定置张网附近采集, 采用浅水型浮游生物网(口径 50 cm、筛绢 CQ14、孔径 0.505 mm), 自海底至水面垂直拖曳获得。样品采集方法及标本处理等均按《海洋调查规范》^[14]进行。所获标本均经 5% 福尔马林溶液固定后再进行分类、鉴定、计数和称重。优势度(Y)计算公式:

$$Y=(n_i/N) \times f_i^{[15]}$$

式中, n_i 为第 i 种的丰度, f_i 是该种在各站位中出现的频率, N 为浮游动物总丰度。取优势度 $Y \geq 0.02$ 的浮游动物种类为优势种。

各食物成分的重要性用相对重要性指标(IRI)来衡量, 相对重要性指标百分比(%IRI)为该物种的 IRI 占总 IRI 的百分比。食物成分的出现率(F)、个数所占百分比(N)和质量分数($W\%$)采用以下公式计算^[16-19]:

$$\text{出现频率}(F, \%) = \frac{\text{含该食物成分的实胃数}}{\text{总胃数}} \times 100$$

$$\text{质量分数}(W, \%) = \frac{\text{该食物成分的实际(更正)质量}}{\text{食物团总重}} \times 100$$

$$\text{个数百分比}(N, \%) = \frac{\text{该食物成分的个数}}{\text{食物团中所有生物的总个数}} \times 100$$

$$\text{IRI} = (W + N)F \times 10^4.$$

以上公式中, 质量采用更正质量(以下简称“质量”), 即依据鉴定得出的尾数×该类个体的更正质量。依据同步张网调查所获得水生生物样品测量数据, 选取相近体长饵料生物平均尾重, 作为游泳动物个体的更正质量。桡足类等浮游动物种类的更正质量则依据文献[20]的方法通过体积转换间接测定。

胃含物种类和水体中饵料种类的相似性, 采取 Ivlev 选择指数 $E^{[21]}$ 和 3 种相似性指数^[22]计算,

$$\text{即: Ivlev 选择指数 } E = \frac{r_i - P_i}{r_i + P_i}$$

式中, r_i 为饵料 i 在鱼类胃含物中所占的质量分数, P_i 为饵料在环境中的相对丰度。 E 的值为 $-1.0 \sim +1.0$, -1.0 表示对某种饵料完全不选食或无

法获得, +1.0 表示对某种饵料总是选食, 当 E 值接近于零时则表示随机选食。

Kulczynski(1927)系数 $S_K = \frac{a}{2} \left(\frac{1}{a+b} + \frac{1}{a+c} \right)$

Ochilai(1957)系数 $C_o = \frac{a}{\sqrt{a+b} \cdot \sqrt{a+c}}$

Watson et al(1966)系数 $S_w = 1 - \frac{b+c}{2a+b+c}$

上式中, a 是胃含物和海洋中共有的种类数, b 是胃含物有但海洋无的种类数, c 是海洋有但胃含物无的种类数。

2 结果与分析

2.1 大黄鱼样本体长组成

从图 2 中可见, 大黄鱼样本的体长分布趋势, 最小体长 11 mm, 最大体长 242 mm, 平均 136.38 mm。样本体长主要分布在 120~150 mm 之间, 占总尾数的 46.63%; 其次多分布在 90~120 mm 和 150~180 mm 之间, 分别占总尾数百分比为 17.62%和 20.55%, 其余各组百分比均小于 10%。由此可知, 本研究中所采到的大黄鱼样本基本为当龄大黄鱼(幼体或小型成体)。

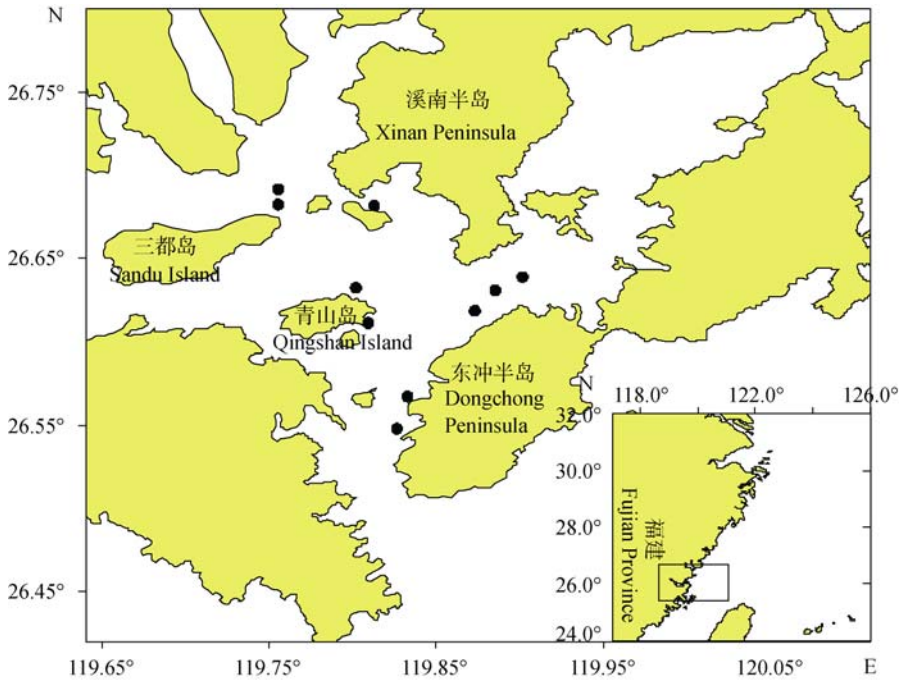


图 1 采样站点示意图

Fig. 1 Location of sampling stations

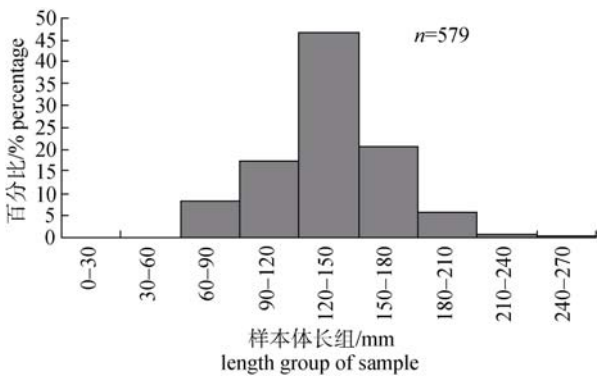


图 2 用于胃含物分析的大黄鱼体长分布

Fig 2 Body length distribution of *Larimichthys crocea* samples used in stomach content analysis

2.2 官井洋大黄鱼的食物组成及重要性分析

官井洋大黄鱼胃含物生物组成分析结果(表 1)表明, 大黄鱼食物种类共 32 种(不包含无法鉴定到种的饵料), 分为 4 个门 12 大类(不含浮游幼体)。食物组成中甲壳动物占绝对优势, 包括十足类、磷虾类、糠虾类、桡足类、介形类、等足类、端足类、口足类、蟹类等 9 大类 22 个属的 29 个种类, 其中又以十足类的种类最多, 达 13 种; 其次为桡足类 7 种; 糠虾类 3 种; 鱼类 3 种(包括大黄鱼幼鱼), 不包含未鉴定到种的食物。

由表 1 可见, 十足类的出现频率最高, 为

71.16%; 其次是磷虾类, 出现频率为 21.93%。糠虾类和鱼类也是经常被大黄鱼摄食的种类, 出现频率分别为 19.86%和 17.79%。端足类和等足类也较常出现, 出现频率分别占 14.34%和 13.99%。桡足类、介形类、口足类、毛颚类、双壳类、蟹类等类群则是大黄鱼偶然摄食的对象, 出现频率均低于 5%。

各类群的个体百分比以十足类最高(38.61%); 其次是磷虾类(22.47%); 鱼类(14.13%)、糠虾类(9.87%)、等足类(7.80%)和端足类(7.80%)的个体百分比也较高, 其余类群较低, 均不高于 3%。

食物质量分数以鱼类(68.61%)占优势, 蟹类(14.68%)次之, 十足类(13.07%)第 3 位, 其他类群均低于 3%。

根据相对重要性指标和相对重要性指标百分比来看, 十足类(IRI=1355.92)为大黄鱼最重要的食物类群, 相对重要性指标百分比占 49.14%。其次为鱼类(IRI=564.83), 相对重要性指标百分比为 20.47%。另外较重要的类群有磷虾类(IRI=505.27), 相对重要性指标百分比为 18.31%。其余类群的相对重要性指标百分比比较低, 均低于 5%。

由表 1 可见, 大黄鱼胃含物中出现频率最高的种类为细螯虾(*Leptochela gracilis*)占 39.03%, 其次为中华假磷虾(*Pseudeuphausia sinica*)占 21.93%。个数百分比最高的 2 个种类仍为细螯虾和中华假磷虾, 分别为 22.78%和 22.47%。质量分数最高的为棱鲮(*Liza carinatus*), 因其个体较甲

壳类等类群大, 故其质量较大, 质量分数较高, 占 9.24%。其余种类质量分数均不大于 3%。相对重要性指标最高的是细螯虾(IRI=976.10), 其相对重要性指标百分比为 35.38%。其次为中华假磷虾(IRI=505.27), 其相对重要性指标百分比为 18.31%(表 3)。底栖动物中最重要的是麦秆虫(IRI=88.76), 相对重要性指标百分比为 3.22%。

2.3 官井洋水体中浮游动物及游泳动物种类组成

对大黄鱼采样点附近的官井洋水域浮游动物和游泳动物同步调查结果显示(图 3、表 2), 该水域 6 月份出现的浮游动物种类数共有 30 种, 分布在 4 个门 9 大类(不含浮游幼体)。其中甲壳动物占优势, 包括桡足类、端足类、磷虾类、糠虾类、涟虫类和介形类等在内的 6 大类, 共 19 个属 24 种, 其中又以桡足类种类最多, 达 16 种, 占浮游动物总丰度的 45.04%。浮游幼体共包含 4 种。

在浮游动物中, 以优势度 ≥ 0.02 为优势种, 主要有太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*, $Y=0.14$)、双刺唇角水蚤(*Labidocera bipinnata*, $Y=0.09$)、中华哲水蚤(*Calanus sinicus*, $Y=0.06$)、拿卡箭虫(*Sagitta nageae*, $Y=0.04$), 四者的丰度百分比之和为 67.59%, 占半数以上。

对张网所得渔获物进行分析(图 4)可见, 鱼类平均尾数密度最高, 尾数密度百分比占 79.75%。共鉴定 62 种, 其中白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)、大黄鱼、棱鲮、银鲳(*Pampus argenteus*)为主要种类。其次为蟹类和十足类, 分别占总尾

表 1 大黄鱼主要摄食种类及其重要性分析
Tab. 1 Importance of major species in diet composition of *Larimichthys crocea*

食物种类 food species	出现频率 /% F	个数百分 比/% N	质量分 数/% W	相对重要性 指数 IRI	相对重要性指数百 分比/% % IRI
桡足类 Copepoda	4.49	2.80	*	3.38	0.12
汤氏长足水蚤 <i>Calanopia thompsoni</i>	0.17	0.06	*	0.01	*
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	1.38	1.22	*	1.69	0.06
双刺唇角水蚤 <i>Labidocera rotunda</i>	0.35	0.12	*	0.04	*
精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i>	1.55	0.97	*	1.52	0.06
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	0.35	0.12	*	0.04	*
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	0.17	0.06	*	0.01	*
普通波水蚤 <i>Undinula vulgaris</i>	0.17	0.06	*	0.01	*
未辨认的桡足类 Other copepoda	0.35	0.18	*	0.06	*
介形类 Ostracoda	0.34	0.12	*	0.02	*

续表 1

食物种类 food species	出现频率 /% F	个数百分 比/% N	质量分 数/% W	相对重要性 指数 IRI	相对重要性指数百 分比/% % IRI
尖尾海萤 <i>Cypridina acuminata</i>	0.17	0.06	*	0.01	*
未辨认的介形类 Other Ostracoda	0.17	0.06	*	0.01	*
磷虾类 Euphausiacea	21.93	22.47	0.56	505.27	18.31
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	21.93	22.47	0.56	505.27	18.31
糠虾类 Mysidacea	19.86	9.87	0.20	64.49	2.34
窄尾刺糠虾 <i>Acanthomysis leptura</i>	5.35	2.13	0.04	11.64	0.42
宽尾刺糠虾 <i>Acanthomysis laticauda</i>	2.94	2.13	0.04	6.37	0.23
漂浮小井伊糠虾 <i>Iiella pelagicus</i>	2.07	1.04	0.03	2.20	0.08
未辨认的糠虾 Other Mysidacea	9.50	4.57	0.09	44.28	1.60
等足类 Isopoda	13.99	7.80	0.12	110.74	4.01
端足类 Amphipoda	14.34	7.80	0.12	90.04	3.27
钩虾 <i>Gammaridea</i> sp.	1.04	1.22	0.02	1.29	0.05
麦秆虫 <i>Caprella</i> sp.	13.30	6.58	0.10	88.76	3.22
十足类 Decapoda	71.16	38.61	13.13	1355.92	49.14
细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	39.03	22.78	2.23	976.10	35.38
尖尾细螯虾 <i>Leptochela aculeocaudata</i>	0.17	0.06	*	0.01	*
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	0.52	0.18	0.06	0.13	*
哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	2.25	0.91	2.73	8.18	0.30
刀额仿对虾 <i>Parapenaeopsis cultrirostris</i>	0.17	0.06	0.18	0.04	*
细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i>	0.17	0.06	0.15	0.04	*
扁足异对虾 <i>Atypopeneus stenodactylus</i>	0.52	0.18	0.37	0.28	0.01
疣背宽额虾 <i>Latreutes planirostris</i>	3.97	1.46	1.43	11.49	0.42
中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>	0.52	0.24	1.06	0.68	0.02
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	0.17	0.06	0.14	0.03	*
脊尾白虾 <i>Palaemon carincauda</i>	0.17	0.06	0.27	0.06	*
刺螯鼓虾 <i>Alpheus hoplocheles</i>	0.35	0.12	0.44	0.19	0.01
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicas</i>	0.17	0.06	0.22	0.05	*
未辨认的虾类 Other decapoda	22.45	12.18	3.79	358.52	12.99
口足类 Stomatopoda	0.86	0.30	2.74	1.79	0.06
无刺口虾蛄 <i>Oratosquilla inornata</i>	0.17	0.06	0.55	0.11	*
未辨认的口足类 Other stomatopoda	0.69	0.24	2.19	1.68	0.06
毛颚类 Chaetognatha	0.17	0.06	*	0.01	*
双壳类 Bivalvia	0.17	0.06	*	0.01	*
蟹类 Crabs	4.32	1.52	14.68	59.67	2.16
三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	0.35	0.12	1.17	0.45	0.02
未辨认的蟹类 Other crabs	3.97	1.40	13.51	59.22	2.15
鱼类 Fish	17.79	14.13	68.61	564.83	20.47
棱鲰 <i>Liza carinatus</i>	1.38	1.89	9.24	15.38	0.56
麦氏犀鲮 <i>Bregmaceros macclellandii</i>	0.35	0.12	0.52	0.22	0.01
大黄鱼(幼鱼) <i>Larimichthys crocea</i>	0.17	0.06	0.30	0.06	*
未辨认的鱼类 Other fish	15.89	12.06	58.55	549.17	19.90
浮游幼体 larvae	1.73	1.77	0.01	3.08	0.11

注: *表示所占比例小于 0.01%.

Note: * indicates that the ratio was lower than 0.01%.

数密度的 16.41%和 2.94%, 其中蟹类主要有三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)和双斑螯(*Charybdis bimaculata*), 十足类主要有细螯虾和哈氏仿对虾(*Parapenaeopsis hardwickii*)。需要说明的是, 因细螯虾个体较小, 在使用张网采集时有部分体型较小的个体并未被采集, 故存在一定误差, 但对结果的说明影响较小。

2.4 水体中物种组成和大黄鱼胃含物中食物种类组成的相似性分析

计算大黄鱼对食物的选择指数(表 3)可见, 大黄鱼对桡足类($E=-0.99$)几乎不摄食, 选择指数接

近-1; 对于蟹类($E=-0.03$)和鱼类($E=-0.05$)的选择指数接近 0, 表明对此两类食物几乎不具选择性; 磷虾类($E=0.81$)、糠虾类($E=0.78$)、口足类($E=0.77$)和十足类($E=0.65$)的选择性指数较大, 说明大黄鱼对该类食物选择性摄食较明显。

由胃含物中食物种类和水体中生物种类的相似性(表 3)可见, 胃含物种类与水域中全部种类的相似性在 0.31~0.48 之间。单以磷虾类和糠虾类作相似性计算, 胃含物和水体中磷虾类和糠虾类相似性高达 1, 即表明海区中鉴定到的种类在胃含物中均有出现。胃含物中和水体中的十足类的相

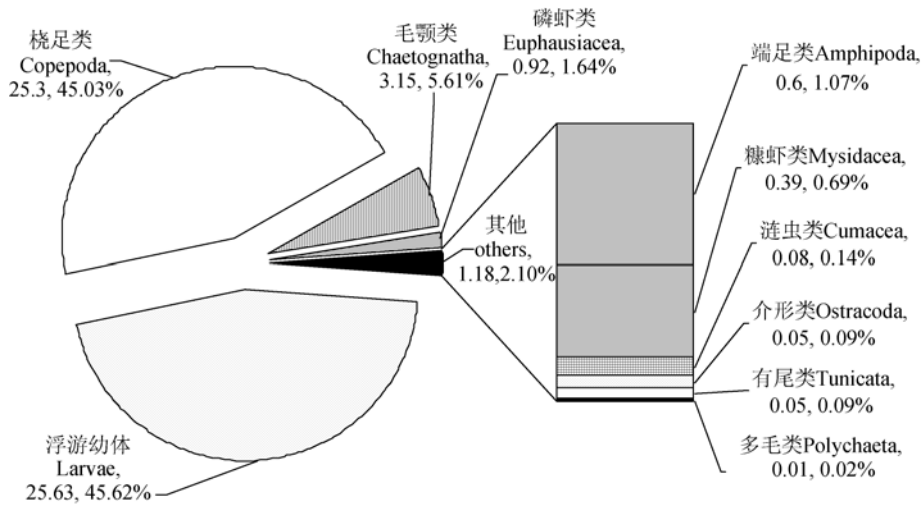


图 3 官井洋浮游动物主要类群的平均丰度(ind/m³)及其百分比
Fig. 3 Mean abundance and percentage of the major groups for zooplankton in the Guanijing Yang sea area

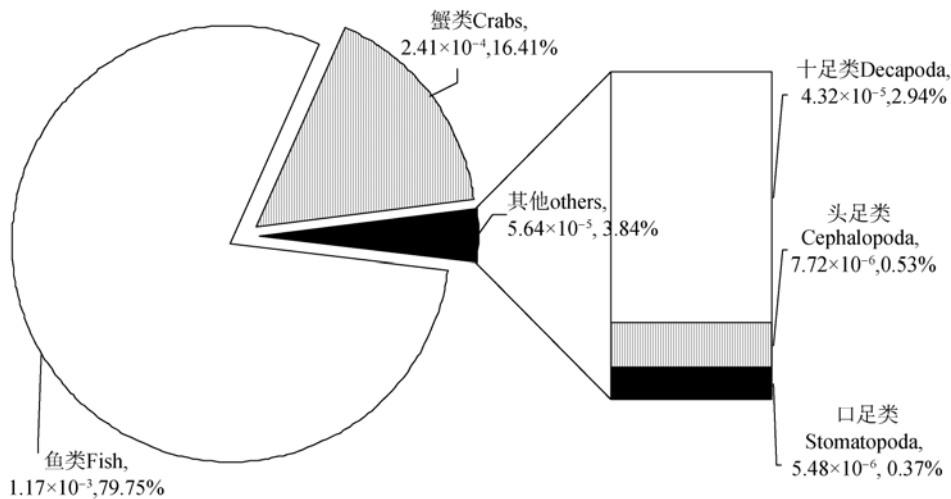


图 4 官井洋张网主要类群的平均密度(ind/m³)及其百分比
Fig. 4 Mean density and percentage of mean density of the major groups for nektonic organism in the Ganjing Yang sea area

表 2 官井洋浮游动物优势度 Y 和平均丰度
Tab. 2 Dominance and mean abundance of zooplankton in the Guanjing Yang sea area

种名 species	优势度 Y	平均丰度/(ind·m ⁻³) mean abundance	丰度百分比/% percentage of mean abundance
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	0.06	4.43	11.60
微刺哲水蚤 <i>Canthocalanus pauper</i>	*	0.02	0.06
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>	*	0.50	1.32
印度真胖水蚤 <i>Euchirella indica</i>	*	0.06	0.15
精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i>	*	0.17	0.45
平滑真刺水蚤 <i>Euchaeta plana</i>	*	0.16	0.43
锥形宽水蚤 <i>Temora turbinata</i>	*	0.32	0.85
瘦尾胸刺水蚤 <i>Centropages tenuiremis</i>	*	0.08	0.22
背针胸刺水蚤 <i>Centropages dorsispinatus</i>	*	0.11	0.28
汤氏长足水蚤 <i>Calanopia thompsoni</i>	*	0.01	0.03
椭圆形长足水蚤 <i>Calanopia elliptica</i>	*	0.03	0.07
双刺唇角水蚤 <i>Labidocera bipinnata</i>	0.09	5.54	14.49
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	*	0.38	0.99
叉刺角水蚤 <i>Pontella chierchiaie</i>	*	0.02	0.06
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	0.14	13.22	34.58
近缘大眼剑水蚤 <i>Corycaeus affinis</i>	*	0.22	0.58
钩虾 <i>Gammarus</i> sp.	*	0.26	0.67
麦秆虫 <i>Caprella</i> sp.	*	0.34	0.89
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	*	0.92	2.41
漂浮小井伊糠虾 <i>Gastrosaccus pelagicus</i>	*	0.25	0.65
宽尾刺糠虾 <i>Acanthomysis laticauda</i>	*	0.11	0.29
窄尾刺糠虾 <i>Acanthomysis leptura</i>	*	0.03	0.08
细长涟虫 <i>Iphinoe tenera</i>	*	0.08	0.22
后圆真浮萤 <i>Euconchoecia maimai</i>	*	0.05	0.13
无瘤蚕 <i>Travislopsis dubia</i>	*	0.01	0.03
肥胖箭虫 <i>Sagitta enflata</i>	*	0.50	1.30
凶形箭虫 <i>Sagitta ferox</i>	*	0.01	0.03
拿卡箭虫 <i>Sagitta nage</i>	0.04	2.65	6.92
异体住囊虫 <i>Oikopleura dioica</i>	*	0.03	0.09
红住囊虫 <i>Oikopleura rufescens</i>	*	0.01	0.03
稚贝 <i>Bivalvia</i> juvenile	*	0.02	0.06
稚螺 <i>Gastropoda</i> juveniles	0.04	7.20	18.84
鱼卵 fish eggs	*	0.05	0.13
仔鱼 fish larvae	*	0.42	1.09

注: * 表示优势度小于 0.01%。
Note: * indicates that the dominance was smaller than 0.01%.

表 3 大黄鱼胃含物和水体中生物种类相似性比较
Tab. 3 Comparison of similarity between species in stomach and waters

指数 index	相似性 similarity								%
	全部种类 all species	桡足类 Copepoda	磷虾类 Euphausiacea	糠虾类 Mysidacea	十足类 Decapoda	口足类 Stomatopoda	蟹类 Crabs	鱼类 Fish	
E		-0.99	0.81	0.78	0.65	0.77	-0.03	-0.05	
S _k	0.48	0.62	1.00	1.00	0.71	0.63	0.54	0.52	
C _o	0.38	0.57	1.00	1.00	0.70	0.50	0.28	0.18	
S _w	0.31	0.52	1.00	1.00	0.70	0.40	0.14	0.06	

似性也较高, 在 0.71 左右。再次是桡足类和口足类, 相似性分别在 0.52~0.62 和 0.40~0.63 之间。鱼类和蟹类的相似性较低, 分别为 0.06~0.52 和 0.14~0.54。

3 讨论

3.1 大黄鱼食物种类组成特征

由大黄鱼食物组成(表 1)可知, 大黄鱼食物类型广泛, 既摄食浮游动物, 也捕食游泳动物。本研究记录到大黄鱼食物种类包含 12 个大类 32 种, 其食物门类众多表明, 食性复杂。分析大黄鱼食物中各个类群相对重要性指标可见, 大黄鱼主要摄食游泳性的十足类和鱼类。对于浮游动物, 则主要以个体较大的磷虾、糠虾为摄食对象。本研究中, 官井洋大黄鱼大量摄食十足类中的细螯虾和浮游性的中华假磷虾等, 而对于在水域中丰度占重要地位的桡足类, 在大黄鱼样本胃含物组成中并未表现出偏好和优势; 另外, 鱼类在食物组成中的出现率仅 17.79%, 远低于 1962 年浙江、江苏近海大黄鱼研究^[8]中鱼类出现率。进一步与浙江、江苏近海大黄鱼食物组成进行比较, 可见不同之处在于, 后者以摄食底栖性游泳虾类和鱼类为主, 其中鱼类出现率占 35.8%。因为当年浙江、江苏近海所研究大黄鱼标本体长在 20~52.5 cm 之间, 为性成熟个体, 而本研究中 97.75% 的样品体长小于 20 cm, 多为未性成熟个体, 故而说明不同体长范围的大黄鱼食性存在明显差异, 随着个体体长增长, 大黄鱼由摄食个体较小的磷虾类和十足类转而捕食个体较大的鱼类和底栖虾类。

小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、带鱼(*Trichiurus lepturus*)和大黄鱼同为“四大海产”之一, 比较其摄食习性可见大黄鱼食物组成更为广泛。根据郭斌等^[23]对体长 80mm 以下的小黄鱼幼鱼食性研究可知, 其主要摄食对象为桡足类和糠虾类, 在食物中所占个数百分比为 99.50%, 对于十足类和鱼类等游泳动物几乎不捕食。与大黄鱼相比带鱼^[24]摄食习性更偏向捕食性, 食物组成以鱼类为主, 其次是甲壳类和头足类, 大黄鱼摄食习性与带鱼相比, 在捕食鱼类的同时, 更增加了桡足类、介形

类等小型浮游甲壳类以及多达 11 种不同小型虾类(表 1), 因此, 大黄鱼食物组成中的食物类群较带鱼的更为广泛。

对长江口和杭州湾的凤鲚(*Coilia mystus*)胃含物食物组成进行研究^[25], 结果表明凤鲚主要以浮游动物为食, 桡足类是最重要的食物类群, 占相对重要性指标百分比 57.27%, 其次是糠虾类占相对重要性指标百分比 40.75%。主要摄食种类为长额刺糠虾(*Acanthomysis longirostris*)、火腿许水蚤(*Schmackeria poplesia*)和虫肢歪水蚤(*Tortanus vermiculus*), 分别占相对重要性指标百分比 62.94%、23.36%和 9.62%。桡足类和糠虾类的相对重要性指标百分比总和高达 98.02%, 显示大黄鱼具有极为明显的浮游动物食性。而在大黄鱼食物组成(表 2)中最为重要的十足类, 在凤鲚食物组成中相对重要性指标百分比仅为 1.16%。鱼类在大黄鱼食物组成中相对重要性指标百分比占 26.61%, 仅次于十足类, 而凤鲚对鱼类几乎不摄食, 相对重要性指标百分比小于 0.01%。因此, 大黄鱼的食物种类组成也较凤鲚食物的丰富, 既包括凤鲚食物中大量出现的桡足类和磷虾类, 又增加了大量的十足类和鱼类等体型较大的游泳生物。

大黄鱼食物种类广泛, 还可以通过其摄食器官的形态结构得到佐证^[26]。大黄鱼口端位, 口裂大而斜, 有利于其追逐捕食游泳动物; 牙细小尖锐, 便于撕咬具有坚硬甲壳质外壳的十足类和蟹类, 也可以吞食个体较大的鱼类; 另外, 大黄鱼鳃耙细长, 又能较好地滤食磷虾类、糠虾类和桡足类等个体较小的浮游动物, 因此大黄鱼既捕食游泳动物也摄食浮游动物, 但以虾、蟹、鱼类为主要饵料。

3.2 大黄鱼食性的初步分析

大黄鱼幼鱼的主要摄食类群包括十足类、鱼类、磷虾类和糠虾类等个体相对较大的种类(表 1), 细螯虾和中华假磷虾为最重要的饵料食物, 此外, 窄尾刺糠虾(*Acanthomysis leptura*)、宽尾刺糠虾(*Acanthomysis laticauda*)、哈氏仿对虾、疣背宽额虾(*Latreutes planirostris*)和梭鲈也是大黄鱼较重要的饵料生物。表 1 的食物组成中未出现植物性

饵料。依据以上分析可知, 大黄鱼为肉食性鱼类。

从优势种来看, 细螯虾、哈氏仿对虾、疣背宽额虾和棱鲛属于游泳动物, 中华假磷虾、窄尾刺糠虾和宽尾刺糠虾属于浮游动物。上述优势种中游泳动物和浮游动物两类食物类型在大黄鱼食物组成中的出现率之比约为 3:2, 相对重要性指标之比约为 2:1。因此, 大黄鱼兼食浮游动物和游泳动物, 更偏向于捕食游泳动物。

3.3 相似性结果的分析

首先对浮游动物进行分析可知, 官井洋水域中浮游动物丰度(图 3)以桡足类最高, 占总丰度的 45.03%, 磷虾类和糠虾类仅占 1.64%和 0.69%。比较大黄鱼食物组成(表 1)中相对重要性指标, 磷虾类占 10.01%, 糠虾类占 3.20%, 而桡足类仅 0.18%, 因此, 大黄鱼胃含物中浮游动物数量组成与水域中浮游饵料生物数量组成差异明显。同时大黄鱼对食物的选择指数 E (表 3)表明大黄鱼对桡足类有明显的选择性不摄食, 对磷虾类和糠虾类有明显的选择性摄食, 与上述结论相一致。表明, 大黄鱼对于浮游动物摄食具有很高的选择性, 对水域中丰度高的桡足类很少摄食, 而是选择丰度低但个体相对较大的磷虾类和糠虾类大量摄食。进一步通过对 3 个相似性指数的分析(表 3), 上述 3 类饵料生物在大黄鱼胃含物和海区中的相似性较高, 说明在各个类群内部的摄食选择性较低。

再根据图 4 对游泳动物进行分析, 一方面, 在自然海区中, 张网所得样品中鱼类、蟹类和十足类(主要是细螯虾)的平均密度较高分别占总平均密度的 79.75%、16.41%和 2.94%; 另一方面, 在大黄鱼胃含物(表 1)中, 十足类、鱼类和蟹类也为最重要的饵料生物, 相对重要性指标百分比分别为 56.17%、26.61%和 1.52%。胃含物与海区中的情况(图 4)大致相同, 表明大黄鱼对于游泳动物的捕食强度与水域中该动物的丰度大小有关, 丰度越高的种类, 越容易被捕食。这表明, 大黄鱼对十足类、鱼类和蟹类等游泳动物在类群间不表现明显的选择性。

另外, 根据大黄鱼食物的选择指数和相似性指数(表 3)可知, 大黄鱼对鱼类和蟹类的选择指数

接近 0 即几乎不存在选择性, 但由相似性指数可知, 其中鱼类相似性指数最低, 仅 0.06~0.52, 蟹类相似性指数在 0.14~0.54 之间, 这说明大黄鱼对鱼类、蟹类在具体种类的捕食上具有一定的选择性。根据表 1 可知, 其往往选择个体较小、易于被捕食的种类, 这可能与本研究中大黄鱼群体多为当龄大黄鱼有关。十足类的选择指数大于 0, 在大黄鱼胃含物和水域中的相似性指数较高, 为 0.70~0.71, 表明大黄鱼对十足类及其内部具体种类都具有一定的摄食选择性。

总得来说大黄鱼对浮游动物的摄食具有较高的选择性, 主要体现在类群间的选择, 即偏向于摄食浮游动物中体型较大的类群, 如磷虾类和糠虾类。对磷虾类和糠虾类等大型浮游动物类群内部各个种间几乎没有选择性。而对于游泳动物则主要体现在类群内部具体种间的选择摄食, 偏向于捕食个体小, 易于被捕食的小型虾类, 或仔、稚、幼鱼, 如棱鲛和大黄鱼幼鱼。

参考文献:

- [1] 郑文莲, 徐恭昭. 浙江岱衢洋大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson) 个体生殖力的研究[J]. 海洋科学集刊, 1962(2): 59-78.
- [2] 徐恭昭, 吴鹤洲. 浙江大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson) 的性成熟特征[J]. 海洋科学集刊, 1962(2): 50-58.
- [3] 郑文莲, 徐恭昭. 福建官井洋大黄鱼个体生殖力的研究[J]. 水产学报, 1964, 1(1): 1-17.
- [4] 吴鹤洲. 浙江近海大黄鱼性成熟与生长的关系[J]. 海洋与湖沼, 1965(7): 220-234.
- [5] 罗秉征. 浙江近海大黄鱼的季节生长[J]. 海洋与湖沼, 1966(8): 121-139.
- [6] 孔祥雨. 浙江近海渔场大黄鱼生长的研究[J]. 东海海洋, 1985, 3(1): 56-63.
- [7] 徐兆礼, 陈佳杰. 东黄海大黄鱼洄游路线的研究[J]. 水产学报, 2011, 35(3): 429-437.
- [8] 杨纪明, 郑严. 浙江、江苏近海大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson) 的食性及摄食的季节变化[J]. 海洋科学集刊, 1962(2): 14-28.
- [9] Wiborg K F. Investigations on cod larvae in the coastal waters of Northern Norway. Occurrence of cod larvae, and occurrence of food organisms in the stomach contents and in the sea; preliminary report[J]. Fiskeridir Skr Havundersok,

- 1948, 9 (3): 1-27.
- [10] Tuncay M S, Halit F, Bahar B, et al. Food habits of the holownout grenadier, *Caelorinchus caelorhincus* (Risso, 18110), in the Aegean Sea, Turkey[J]. Belg J Zool, 2008, 138(1): 81-84.
- [11] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters[J]. Fish Bull, 1971, 152: 1-105.
- [12] Hikaru W, Tsunemi K, Suguru M, et al. Feeding habits of albacore *Thunnus alalunga* in the transition region of the central North Pacific[J]. Fish Sci, 2004, 70(4): 573-579.
- [13] 苏永全, 张彩兰, 王军, 等. 大黄鱼养殖[M]. 北京: 海洋出版社, 2004.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准管理委员会. 海洋调查规范. 第 6 部分: 海洋生物调查(GB/T 12763.6-2007)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [15] 徐兆礼, 沈新强, 马胜伟. 春、夏季长江口邻近水域浮游动物优势种的生态特征[J]. 海洋科学, 2005, 29(12): 13-19.
- [16] 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.
- [17] Pinkas L, Oliphant Iverson M S, et al. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters[J]. Calif Dep Fish Game Fish Bull, 1971(152):1-105.
- [18] Cortes 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: 726-738.
- [19] Berg J. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae)[J]. Mar Biol, 1979, 50(3): 263-273.
- [20] 白雪娥, 王为祥. 渤、黄海浮游生物个体质量的测定[J]. 水产学报, 1966, 3(2): 142-149.
- [21] Ivlev V S. Experimental ecology of the feeding of fishes[M]. New Haven: Yale University Press, 1961.
- [22] Sazima I. Similarities in feeding behaviour between some marine and freshwater fishes in two tropical communities[J]. J Fish Biol, 1986, 29(1): 53-65.
- [23] 郭斌, 张波, 金显仕. 黄海海洲湾小黄鱼幼鱼的食性及其随体长的变化[J]. 中国水产科学, 2010, 17 (2): 289-297.
- [24] 林龙山, 严利平, 凌建忠, 等. 东海带鱼摄食习性的研究[J]. 海洋渔业, 2005, 27(3): 187-192.
- [25] 刘守海, 徐兆礼. 长江口和杭州湾凤鲚(*Coilia mystus*)胃含物与海洋浮游动物的比较研究[J]. 生态学报, 2011, 31 (8): 2263-2271.
- [26] 孟庆闻, 苏锦祥, 李婉端. 鱼类比较解剖[M]. 北京: 科学出版社, 1987.

Summer diet composition and feeding ecology of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) in Guanjing Yang

XU Jiayi^{1,2}, CHEN Jiajie², TIAN Fengge^{1,2}, XU Zhaoli²

1. Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture of China; East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China

Abstract: The population of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) has declined since the 1970s. Despite the decline, little is known about the feeding behavior and diet of this species. Our objective was to document the dietary composition of large yellow croaker. We collected 579 specimens from the sea near Guanjing Yang, Fujian province during June 2010. We documented the stomach contents of each individual and calculated the occurrence frequency ($F\%$), individual number percentage ($N\%$), weight percent ($W\%$), and an index of relative importance (IRI). In addition, we compared diet composition of the zooplankton and nektonic assemblages in the ambient water. We identified 32 species in the diet. The most abundant were decapoda, fish, euphausiacea, mysidacea, amphipoda, crabs, copepoda, and stomatopoda. Decapoda (%IRI=49.14%) and fish (%IRI=20.47%) were the most important prey groups in the diet. Euphausiacea (%IRI=18.31%) and Mysidacea (%IRI=2.34%) constituted the second most important prey groups. *Leptochela gracilis* (IRI=976.10, %IRI=35.38%) and *Pseudeuphausia sinica* (IRI=505.27, %IRI=18.31%) were the most important prey species. Our data suggest that the large yellow croaker is carnivorous and feeds primarily on decapods, fish, and macro zooplankton. The trophic level of the wild large yellow croaker is lower than nektonic-animal feeders but higher than planktonic-animal feeders. The dominant species of the zooplankton assemblage was copepoda, primarily *Acartia pacifica* ($Y=0.14$), *Labidocera bipinnata* ($Y=0.09$), and *Calanus sinicus* ($Y=0.06$). The percent mean abundance of Euphausiacea and Mysidacea was 0.83%. Fish, crabs, and decapods were the most abundant nektonic organisms. We hypothesize that the large yellow croaker exhibits selectivity for food, preferring small decapods, fish larvae, euphausiacea, and mysidacea to other groups.

Key words: *Larimichthys crocea*; Guanjing Yang; diet composition; feeding habit

Corresponding author: XU Zhaoli. E-mail: xiaomin1957@126.com