

长江口水域中华鲟幼鱼与 6 种主要经济鱼类的食性及食物竞争的食性及食物竞争

庄平¹, 罗刚^{1,2}, 张涛¹, 章龙珍¹, 刘健³, 冯广朋¹, 侯俊利¹

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090; 2. 全国水产技术推广总站, 北京 100026;

3. 上海市长江口中华鲟自然保护区管理处, 上海 200002)

摘要:根据 2004 年 6 月至 8 月和 2005 年 6 月至 8 月在长江口崇明岛东滩水域插网所获取的鱼类样本, 对东滩水域中华鲟 (*Acipenser sinensis*) 幼鱼和其它 6 种主要经济鱼类的食性、食物竞争状况进行了研究。结果表明: 中华鲟、窄体舌鳎 (*Cynoglossus gracilis*) 为底栖生物食性; 中国花鲈 (*Lateolabrax maculatus*) 为游泳生物食性; 刀鲚 (*Coilia ectenes*) 和凤鲚 (*Coilia mystus*) 为浮游动物食性; 鲢 (*Mytil cephalus*) 和鳊 (*Liza haematocheila*) 为腐屑 (有机碎屑) 食性。中华鲟幼鱼及 6 种主要经济鱼类食性按照相对重要性指标 (IRI) 大小排列: 中华鲟 (IRI): 鱼类 > 端足类 > 多毛类 > 蟹类; 窄体舌鳎 (IRI): 虾类 > 瓣鳃类 > 鱼类; 中国花鲈 (IRI): 鱼类 > 虾类 > 等足类 > 蟹类; 刀鲚 (IRI): 糠虾类 > 虾类 > 桡足类 > 鱼类; 凤鲚 (IRI): 糠虾类 > 桡足类 > 虾类 > 鱼类; 鲢 (IRI): 有机碎屑 > 底栖藻类 > 瓣鳃类 > 桡足类; 鳊 (IRI): 有机碎屑 > 底栖藻类 > 瓣鳃类 > 桡足类。长江口崇明东滩中华鲟与 6 种经济鱼类饵料重叠系数显示, 中华鲟与窄体舌鳎的饵料重叠系数达到了 0.4, 而与其余 5 种鱼类的饵料重叠系数均小于 0.12。这表明窄体舌鳎对中华鲟幼鱼的食物有一定的竞争力, 其余 5 种鱼类对中华鲟幼鱼的食物竞争强度较低。

关键词:长江口; 崇明东滩; 中华鲟; 经济鱼类; 食物组成; 食物竞争; 饵料重叠系数

Food comparison among juvenile *Acipenser sinensis* and other six economic fishes in the Yangtze estuary

ZHUANG Ping¹, LUO Gang^{1,2}, ZHANG Tao¹, ZHANG Longzhen¹, LIU Jian³, FENG Guangpeng¹, HOU Junli¹

1 East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China

2 The National Fishery Technical Extension Center, Beijing 100026, China

3 Superintendency Department of Shanghai Yangtze Estuarine Nature Reserve for Chinese Sturgeon, Shanghai 200092, China

Abstract: Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*, is an endangered anadromous species that is currently only found in the Yangtze River and the coastal China Seas. It spawns in the upper Yangtze River in autumn every year. Juvenile fish make a downstream migration and reach the Yangtze Estuary during May and June of next year. All of juveniles leave the estuary for ocean during August to September. Yangtze Estuary is not only a passage route for both juveniles and adults migrating between freshwater and the ocean, but also an important feeding ground for juveniles. Because of overfishing and habitat alteration, the population of Chinese sturgeon has been rapidly declining during last decades. This species has been listed as the highest level of national protected wild animals by Chinese Government since 1980s. Understanding feeding habits and food competition of juvenile Chinese sturgeon with other fish species that inhabit in the Yangtze Estuary is very important for the conservation of this species. In this study, we compared feeding habitat and food competition between juvenile Chinese sturgeon and other 6 important fish species that widely inhabit in the Yangtze Estuary. Fish samples were obtained using tidal nets. During June and August of 2004 and 2005, tidal nets were set in the tidal flat of the Yangtze

基金项目:国家自然科学基金重大项目 (NSFC30490230, WP4-003); 农业部“948”资助项目 (2009-Z33); 国家公益性行业 (农业) 科技专项 (200903048-07); 上海市长江口中华鲟自然保护区专项资助项目; 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金 (中国水产科学研究院东海水产研究所) 资助项目 (2008M01; 2007M023); 上海市科学技术委员会科研计划项目 (08391910300)

收稿日期: 2009-09-25; 修订日期: 2010-02-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: pzhuang@online.sh.cn

Estuary. Sample locations were 31°25.26'N, 121°54.38'E—31°32.57'N, 122°05.45'E, where are major habitats for juvenile Chinese sturgeon. Seven hundred and seven individuals of 7 fish species were collected, including *Acipenser sinensis*, *Lateolabrax maculatus*, *Liza haematochiela*, *Mygil cephalus*, *Coilia ectenes*, *Coilia mystus*, and *Cynoglossus gracilis*. The alimentary canals of sample fish were taken out and preserved by quick-freezing. We weighed inclusions of the alimentary canals and identified food items in laboratory. The study results indicated that the major food items of juvenile *Acipenser sinensis* are small fishes, amphipoda, polychaeta and crabs. Juvenile *Acipenser sinensis* and *Cynoglossus gracilis* feed on benthic organisms. *Lateolabrax maculatus* mainly feeds on swimming animals, including fishes, shrimps, isopoda and crabs. *Coilia ectenes* and *Coilia mystus* feed on zooplanktons. *Liza haematochiela* and *Mygil cephalus* mainly feed on organic scraps and benthic algae. The decreasing order of the index of relative importance (IRI) of juvenile *Acipenser sinensis* is fishes > amphipoda > polychaetes > crabs, that of *Cynoglossus gracilis* is shrimps > lamellibranchiata > fishes, that of *Lateolabrax maculatus* is fishes > shrimps > isopoda > crabs, that of *Coilia ectenes* is shrimp bran > shrimps > copepod > fishes, that of *Coilia mystus* is shrimp bran > copepod > shrimps > fishes, and that of *Mygil cephalus* and *Liza haematochiela* is organic detritus > benthic algae > lamellibranchiata > copepod. The food overlap coefficient (O_{jk}) of juvenile *Acipenser sinensis* and other 6 species were analyzed and the results showed that O_{jk} between juvenile *Acipenser sinensis* and *Cynoglossus gracilis* is 0.4, and O_{jk} between juvenile *Acipenser sinensis* and the rest of other 5 species are less than 0.12, respectively. Therefore, it may be inferred that the food competition between juvenile *Acipenser sinensis* and *Cynoglossus gracilis* is high, and the food competition between juvenile *Acipenser sinensis* and the rest of other 5 fish species is low. In conclusion, the feeding habits between juvenile *Acipenser sinensis* and the most of other 6 fish species those are dominant species in the Yangtze Estuary are mainly different, thus, food competition between them are generally low. Moreover, abundant food may be provided for juvenile *Acipenser sinensis* in the Yangtze Estuarine area. Yangtze Estuary is a very important and suitable feeding ground for juvenile *Acipenser sinensis*.

Key Words: endangered fish; Acipenseridae; feeding ground; index of relative importance; food overlap coefficient

中华鲟(*Acipenser sinensis* Gray, 1834)是一种大型江海洄游性鱼类,主要分布于长江、东海和黄海等水域,是我国长江特有的 3 种鲟之一。近 30a 来,因环境污染和沿江修建水利工程阻断其洄游通道,使其栖息的生态环境遭到严重的破坏,种群数量急剧减少,现已被列为国家一级保护动物^[1-2]。

长江口是中华鲟生活史中幼鱼降河洄游的重要通道,崇明岛东部浅滩及其临近水域是中华鲟幼鱼入海前摄食肥育的主要索饵场^[3]。因长江径流向河口不断输送大量营养物质,为生物资源提供了丰富的生源要素,同时受陆海相互作用的影响,使该水域饵料资源较为丰富,是多种经济鱼类栖息的良好场所^[4]。2002 年上海市成立的长江口中华鲟自然保护区将该区域(31°25—31°32 N, 121°46—122°06 E)划定为核心区。

每年 6—8 月为中华鲟幼鱼在长江口崇明浅滩集中分布的时间,对该水域进行鱼类区系组成和生物多样性的调查分析表明,区域内共有鱼类 19 种,其中中国花鲈(*Lateolabrax maculatus*)、窄体舌鲷(*Cynoglossus gracilis*)、刀鲚(*Coilia ectenes*)和鲻(*Mygil cephalus*)为群落优势种,并均为主要的经济鱼类^[5],鲃(*Liza haematochiela*)和凤鲚(*C. mystus*)也是长江口重要的经济鱼类^[4]。由于洄游至长江口的中华鲟幼鱼和东滩主要经济鱼类在分布区域上有一定的重叠,因而可能存在食物竞争关系。对食物关系的研究是了解种间关系的主要途径,也是开展水域资源保护和增殖、建立和实施多种类资源管理模式的基础^[6]。

有关崇明东滩上述 6 种经济鱼类与中华鲟幼鱼的食物关系的报道目前还尚未见到。因此,本文选择这 6 种鱼类和中华鲟幼鱼作为研究对象,对它们的食性及食物竞争状况进行了研究,以探讨长江口中华鲟幼鱼的食物保障情况,为中华鲟的资源保护和增殖放流提供参考依据,同时也为东滩鱼类食物网的研究提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 样本收集

样本取自 2004 年 6—8 月和 2005 年的 6—8 月在长江口崇明东滩插网作业, 取样范围 $31^{\circ}25.26' - 31^{\circ}32.57' \text{ N}$, $121^{\circ}54.38' - 122^{\circ}05.45' \text{ E}$ 。共收集中华鲟、中国花鲈、刀鲚、凤鲚、鲻、鲃和窄体舌鳎样品 707 尾(表 1)。

表 1 崇明东滩 6 种经济鱼类与中华鲟幼鱼摄食率比较

Table 1 The feeding rate of six economic fishes and juvenile *Acipenser sinensis* in Chongming Dongtan wetland

物种 Species	尾数/ind Number	体长范围/cm Body length	摄食率/% Feeding rate
中华鲟 <i>Acipenser sinensis</i>	121	17.5—31.4	85.93
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	110	9.3—63.0	68.19
刀鲚 <i>Coilia ectenes</i>	37	18.5—29.6	75.71
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	106	10.3—22.1	71.70
鲻 <i>Mygil cephalus</i>	82	7.2—18.8	89.04
鲃 <i>Liza haematochiela</i>	131	15.4—36.7	93.13
窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i>	120	16.1—31.6	84.17

1.2 样本处理

鱼类样本经生物学测定后, 立即取出消化道进行速冻保存。在实验室内进行食性分析, 解剖胃或消化道后首先统计摄食率(式 1), 然后将胃含物取出并用吸水纸吸去水分后, 在双筒解剖镜下鉴定饵料生物的种类并分别计数和称重。食物重量精确到 0.001g, 并尽可能鉴定到最低分类单元。

1.3 数据处理

用饵料生物的重量百分比($W\%$)、数量百分比($N\%$)、出现频率($F\%$)和相对重要性指标(IRI)来评价鱼类各种饵料的重要性(式 2—5); 以 $IRI > 100$ 为判别主要饵料生物的标准, 以强调每种鱼的主要食物来源^[7]。另外, 还用饵料生物类群的出现频率百分比组成(式 6)来评价东滩 6 种经济鱼类与中华鲟幼鱼的食性类型以及生态属性; 用 Pinaka^[8]提出的公式计算饵料的重叠系数(式 7), 以分析它们之间的食物竞争情况。营养级按 Odum 和 Heald 的计算方法计算^[9]:

$$\text{捕食率}(\%) = \frac{\text{实胃数}}{\text{总胃数}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{重量百分比}(W\%) = \frac{\text{某种饵料生物的重要}}{\text{所有饵料生物的总重量}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{数量百分比}(N\%) = \frac{\text{某种饵料生物的个数}}{\text{所有饵料生物的总个数}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{出现频率}(F\%) = \frac{\text{某种饵料生物的出现次数}}{\text{有食物的胃的个数}} \times 100 \quad (4)$$

$$IRI = (\text{重量百分比} + \text{数量百分比}) \times \text{出现频率} \times 10^4 \quad (5)$$

$$\text{出现频率百分比}(\%) = \frac{\text{某成分的出现频率}}{\text{各成分出现频率的总和}} \times 100 \quad (6)$$

$$Q_{jk} = \sum_n^i P_{ij} P_{ik} / (\sum_n^i P_{ij}^2 \sum_n^i)^{1/2} \quad (7)$$

式(7)中, O_{jk} 为捕食者 k 与捕食者 j 的饵料重叠系数, P_{ij} 为饵料 i 在捕食者 j 的食物组成中占的重量百分比; P_{ik} 为饵料 i 在捕食者 k 的食物组成中占的重量百分比。Keast 规定 $O_{jk} > 0.3$ 表示重叠有意义, $O_{jk} > 0.7$ 表示严重重叠^[10]。

2 结果

2.1 中华鲟幼鱼与 6 种经济鱼类的摄食率

调查期间,东滩水域中华鲟幼鱼的摄食率为 85.93%,其它 6 种经济鱼类的摄食率为 68.19%—93.13%,均保持在较高的水平(表 1),说明该水域饵料生物资源较为丰富。

2.2 中华鲟幼鱼和 6 种经济鱼类的食物组成

根据分析发现,东滩 6 种经济鱼类与中华鲟幼鱼的食谱较广,饵料生物种类均有 15—25 种。

(1)中华鲟 长江口中华鲟幼鱼主要摄食鱼类($IRI = 6022.67$)和端足类($IRI = 1521.60$),其次是多毛类($IRI = 949.92$)和蟹类($IRI = 454.89$),共计 19 种食物种类。其中主要的食物种类有钩虾(*Gammarus* sp.)、加州齿吻沙蚕(*Nephtys californiensis*)、斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*)、睛尾蝌蚪虾虎鱼(*Lophiogobius ocellicauda*)、狭颚绒螯蟹(*Eriocheir leptognathus*)等(表 2)。

表 2 崇明东滩水域中华鲟幼鱼的食物组成

Table 2 The food species of juvenile *Acipenser sinensis* in Chongming Dongtan wetland

食物组成 Food species	W/%	N/%	F/%	IRI
鱼类 Fish	67.02	27.87	63.47	6022.67
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	18.66	9.61	24.04	679.61
睛尾蝌蚪虾虎鱼 <i>Lophiogobius ocellicauda</i>	23.83	8.00	20.16	641.69
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	12.14	4.04	13.71	221.83
窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i>	2.58	1.16	6.51	24.35
香斜棘鲷 <i>Repomucenus olidus</i>	2.68	0.70	4.76	16.09
鲮 <i>Mugil cephalus</i>	0.26	0.26	2.13	1.11
鲮 <i>Platycephalus indicus</i>	1.66	0.33	2.63	5.23
不可辨的小鱼 Unidentified pisces	5.21	3.77	10.08	90.52
虾类 Shrimp	4.02	4.55	17.65	151.26
安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>	2.04	2.25	11.14	47.79
脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>	0.96	1.04	3.19	6.38
葛氏长臂虾 <i>Palaern gravieri</i>	0.29	0.26	2.13	1.17
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	0.58	0.39	2.13	2.07
不可辨小虾 Unidentified shrimps	0.33	0.61	1.94	1.82
蟹类 Crab	4.06	7.58	39.08	454.89
狭颚绒螯蟹 <i>Eriocheir leptognathus</i>	4.06	7.58	39.08	454.89
端足类 Amphipoda	5.79	38.06	34.70	1521.60
钩虾 <i>Gammarus</i> sp.	5.79	38.06	34.70	1521.60
等足类 Isopoda	0.64	2.12	13.96	38.53
光背节鞭水蚤 <i>Synidotea iacvidorsalis</i>	0.64	2.12	13.96	38.53
瓣鳃类 Bivalve	0.53	6.25	25.24	171.13
河蚬 <i>Corbicula fluminea</i>	0.53	6.25	25.24	171.13
腹足类 Gastropoda	0.01	0.13	1.07	0.15
纵肋织纹螺 <i>Nassarius variciferus</i>	0.01	0.13	1.07	0.15
多毛类 Polychaeta	16.78	12.97	31.93	949.92
加州齿吻沙蚕 <i>Nephtys californiensis</i>	16.78	12.97	31.93	949.92
寡毛类 Oligochaeta	0.04	0.13	1.07	0.18
霍浦水丝蚓 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	0.04	0.13	1.07	0.18
水生昆虫 Aquatic insect	0.02	0.29	2.13	0.66
摇蚊幼虫 <i>Chironomidae</i> Larva	0.02	0.29	2.13	0.66
植物碎屑和泥沙 Plants debris and mud	2.47	0.00	9.33	23.05

(2) 中国花鲈 主要摄食鱼类 ($IRI = 7491.14$), 其次是虾类 ($IRI = 3440.00$)、等足类 ($IRI = 591.64$) 和蟹类 ($IRI = 371.23$), 共计 21 种食物种类。其中主要的食物种类有鲚 (*Coilia* spp.)、脊尾白虾 (*Exopalaemon carinicauda*)、光背节鞭水蚤 (*Synidotea iacvidorsalis*)、中国毛虾 (*Acetes chinensis*)、鲮、狭颚绒螯蟹等 (表 3)。

表 3 崇明东滩水域中国花鲈的食物组成

Table 3 The food species of *Lateolabrax japonicus* in Chongming Dongtan wetland

食物组成 Food species	W/%	N/%	F/%	IRI
鱼类 Fish	59.32	43.06	73.17	7491.14
窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i>	5.70	4.86	18.67	197.17
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	3.13	4.86	9.33	74.53
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	1.15	0.69	2.67	4.92
长蛇鲻 <i>Saurogobio dumerili</i>	4.50	1.74	13.33	83.13
鲮 <i>Mugil cephalus</i>	6.65	6.25	16.00	206.40
鲮 <i>Liza haematocheila</i>	8.33	5.56	21.33	296.08
鲚属 <i>Coilia</i> spp.	23.33	16.67	47.85	1914
中国花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>	1.05	0.35	2.67	3.73
长吻鲮 <i>Leiocassis longirostris</i>	1.71	0.52	4.00	8.91
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	1.62	0.87	6.67	16.59
不可辨的鱼类 Unidentified pisces	2.15	0.69	2.67	7.58
口足类 Stomatopoda	1.32	0.35	2.67	4.45
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	1.32	0.35	2.67	4.45
虾类 Shrimp	27.73	25.34	64.82	3440.00
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	4.93	8.85	22.67	312.37
日本沼虾 <i>Macrobrachium nipponense</i>	3.70	2.08	16.00	92.53
脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>	12.82	11.11	42.67	1021.09
安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>	4.83	2.43	9.33	67.72
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	1.45	0.87	6.67	15.45
蟹类 Crab	6.00	7.47	27.56	371.23
狭颚绒螯蟹 <i>Eriocheir leptongnathus</i>	4.53	6.60	25.33	281.85
中华绒螯蟹 <i>Eriocheir sinensis</i>	1.47	0.87	6.67	15.59
等足类 Isopoda	3.53	13.54	34.67	591.64
光背节鞭水蚤 <i>Synidotea iacvidorsalis</i>	3.53	13.54	34.67	591.64
涟虫类 Cumacea	1.33	4.51	17.33	101.19
涟虫 <i>Bodotria</i> sp.	1.33	4.51	17.33	101.19
桡足类 Copepoda	0.81	5.73	14.67	95.93
哲水蚤 <i>Calanus</i> sp.	0.81	5.73	14.67	95.93

(3) 刀鲚 主要摄食糠虾类 ($IRI = 5761.46$), 其次是虾类 ($IRI = 2666.17$)、桡足类 ($IRI = 1874.19$) 和鱼类 ($IRI = 867.50$), 共计 16 种食物种类。其中主要的食物种类有中华节糠虾 (*Siriella sinensis*)、中国毛虾、长额刺糠虾 (*Acanthomysis longirostris*)、虫肢歪水蚤 (*Tortanus vermiculus*)、安氏白虾 (*Exopalaemon annandalei*) 等 (表 4)。

(4) 凤鲚 主要摄食糠虾类 ($IRI = 3515.92$) 和桡足类 ($IRI = 1889.16$), 其次是虾类 ($IRI = 1517.35$) 和鱼类 ($IRI = 589.24$), 共计 18 种食物种类。其中主要的食物种类有中华节糠虾、中国毛虾、华哲水蚤 (*Sinocalanus* sp.)、长额刺糠虾、虫肢歪水蚤等 (表 5)。

(5) 鲮 主要摄食有机碎屑和底栖藻类 ($IRI = 6971.31$), 其次是瓣鳃类 ($IRI = 293.56$) 和桡足类 ($IRI = 140.18$), 共计 18 种食物种类。其中主要的食物种类有中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、尖刺菱形藻 (*Nitzschia pungens*)、河蚬 (*Corbicula fluminea*)、虹彩圆筛藻 (*Coscinodiscus oculusiridis*)、植物碎片等 (表 6)。

表 4 崇明东滩水域刀鲚的食物组成

Table 4 The food species of *Coilia ectenes* in Chongming Dongtan wetland

食物组成 Food species	W/%	N/%	F/%	IRI
有机碎屑和泥沙 Organic scraps and mud	3.29		14.29	
鱼类 Fish	20.15	7.19	31.73	867.50
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	3.46	0.74	8.71	36.58
长蛇鮈 <i>Saurogobio dumerili</i>	2.67	0.50	7.14	22.63
似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i>	6.23	2.48	15.86	138.14
鲚属 <i>Coilia</i> spp.	2.74	0.50	5.14	16.65
鲈 <i>Hemiculter leucisculus</i>	2.15	1.98	12.29	50.76
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	0.76	0.25	3.57	3.60
不可辨的鱼类 Unidentified pisces	2.14	0.74	7.71	22.20
水生昆虫 Aquatic insect	3.76	2.97	11.43	76.92
摇蚊幼虫 <i>Chironomidae</i> Larva	3.76	2.97	11.43	76.92
桡足类 Copepoda	7.80	25.00	57.14	1874.19
虫肢歪水蚤 <i>Tortanus vermiculus</i>	4.14	12.87	36.43	619.67
拟哲水蚤 <i>Paracalanus</i> sp.	0.86	3.71	10.71	49.00
华哲水蚤 <i>Sinocalanus</i> sp.	2.34	6.93	25.00	231.77
不可辨认桡足类 Unidentified copepoda	0.46	1.49	7.14	13.89
糠虾类 Mysidacea	29.58	34.16	90.39	5761.46
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	6.78	11.14	53.57	959.93
中华节糠虾 <i>Siriella sinensis</i>	20.13	17.08	82.14	3056.47
糠虾幼体 <i>Mysidacea</i> larvae	2.67	5.94	28.57	246.02
虾类 Shrimp	34.10	13.87	55.58	2666.17
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	26.43	10.40	44.45	1637.09
安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>	7.67	3.47	25.17	278.38
枝角类 Cladocera	1.32	16.83	14.71	266.99

表 5 崇明东滩水域凤鲚的食物组成

Table 5 The food species of *Coilia mystus* in Chongming Dongtan wetland

食物组成 Food species	W/%	N/%	F/%	IRI
有机碎屑和泥沙 Organic scraps and mud	5.23		11.89	
鱼类 Fish	13.39	10.70	24.46	589.24
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	5.87	4.48	10.84	112.19
似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i>	3.23	1.74	9.21	45.77
鲚属 <i>Coilia</i> spp.	0.98	1.00	5.26	10.41
鲈 <i>Hemiculter leucisculus</i>	1.45	1.24	6.58	17.70
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	0.31	0.50	1.83	1.48
银鱼 <i>Salangidae</i> sp.	0.21	0.25	0.75	0.35
不可辨的鱼类 Unidentified pisces	1.34	1.49	3.95	11.18
端足类 Amphipoda	2.31	5.97	9.89	81.89
钩虾 <i>Gammarus</i> sp.	2.31	5.97	9.89	81.89
桡足类 Copepoda	9.88	31.35	45.82	1889.16
虫肢歪水蚤 <i>Tortanus vermiculus</i>	3.17	8.96	15.79	191.53
拟哲水蚤 <i>Paracalanus</i> sp.	0.76	3.73	6.58	29.54
华哲水蚤 <i>Sinocalanus</i> sp.	4.43	12.69	26.37	451.45
不可辨认桡足类 Unidentified copepoda	1.52	5.97	10.53	78.87
糠虾类 Mysidacea	37.89	27.62	53.67	3515.92
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	6.34	5.97	15.79	194.37
中华节糠虾 <i>Siriella sinensis</i>	28.58	17.91	47.37	2202.23
漂浮囊糠虾 <i>Gastrosaccus pelagicus</i>	0.43	0.75	3.95	4.66
糠虾幼体 <i>Mysidacea</i> larvae	2.54	2.99	7.89	43.63
虾类 Shrimp	27.52	16.17	34.73	1517.35
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	23.31	14.93	31.47	1203.41
安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>	4.21	1.24	9.58	52.51
毛颚类 Chaetognatha	1.37	0.75	3.95	8.37
百陶箭虫 <i>Sagitta bedoti</i>	1.37	0.75	3.95	8.37
枝角类 Cladocera	2.43	7.46	19.74	195.23

表 6 崇明东滩水域鳊的食物组成

Table 6 The food species of *Mytilus cephalus* in Chongming Dongtan wetland

食物组成 Food species	W/%	N/%	F/%	IRI
有机碎屑和泥沙 Organic scraps and mud	71.30		73.00	
植物种子 Seed	2.28	1.62	6.85	26.72
植物碎片 Plant pieces	4.34	4.55	9.59	85.26
底层藻类 Benthic algae	13.35	70.47	83.17	6971.31
中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>	5.72	27.27	57.53	1897.91
尖刺菱形藻 <i>Nitzschia pungens</i>	1.78	11.04	23.29	298.58
颗粒直链藻 <i>Melosira granulata</i>	0.57	4.55	9.59	49.10
虹彩圆筛藻 <i>Coscinodiscus oculusiridis</i>	1.03	8.77	12.33	120.83
有棘圆筛藻 <i>Coscinodiscus spinosus</i>	0.22	1.95	4.11	8.92
弯菱形藻 <i>Nitzschia sigma</i>	0.43	3.90	8.22	35.59
角毛藻 <i>Chaetoceros</i> sp.	1.21	5.19	10.96	70.14
中华盒形藻 <i>Biddulphia sinensis</i>	0.06	0.65	1.37	0.97
裂空栅藻 <i>Scenedesmus perforatus</i>	1.54	4.55	9.59	58.40
螺旋藻 <i>Spirulina</i> sp.	0.79	2.60	5.48	18.58
多毛类 Polychaeta	2.87	1.62	4.11	18.45
加州齿吻沙蚕 <i>Nephtys polybranchia</i>	2.34	1.30	2.74	13.61
不可辨认多毛类 Unidentified polychaeta	0.53	0.32	1.37	1.16
瓣鳃类 Bivalve	4.23	11.69	16.44	293.56
河蚬 <i>Corbicula fluminea</i>	4.23	11.69	16.44	293.56
腹足类 Gastropoda	0.61	0.97	4.11	6.49
织纹螺 <i>Nassarius</i> sp.	0.61	0.97	4.11	6.49
桡足类 Copepoda	1.11	9.10	13.73	140.18
虫肢歪水蚤 <i>Tortanus vermiculus</i>	0.71	4.55	9.59	50.44
拟哲水蚤 <i>Paracalanus</i> sp.	0.33	2.60	5.48	16.06
华哲水蚤 <i>Sinocalanus</i> sp.	0.05	1.30	2.74	3.70
不可辨认桡足类 Unidentified copepoda	0.02	0.65	1.37	0.92

(6) 鳊 主要摄食有机碎屑和底栖藻类 ($IRI = 5231.27$), 其次是瓣鳃类 ($IRI = 962.84$) 和桡足类 ($IRI = 448.99$), 共计 22 种食物种类。其中主要的食物种类有中肋骨条藻、河蚬、颗粒直链藻 (*Melosira granulata*)、弯菱形藻 (*Nitzschia sigma*)、缢蛏 (*Sinonovacula constricta*) 等 (表 7)。

表 7 崇明东滩水域鳊的食物组成

Table 7 The food species of *Liza haematocheila* in Chongming Dongtan wetland

食物组成 Food species	W/%	N/%	F/%	IRI
有机碎屑和泥沙 Organic scraps and mud	66.46		79.30	
植物种子 Seed	1.23	0.68	6.56	12.53
底层藻类 Benthic algae	6.48	63.41	74.85	5231.27
中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>	2.70	25.70	62.30	1769.32
尖刺菱形藻 <i>Nitzschia pungens</i>	0.64	4.06	19.67	92.45
颗粒直链藻 <i>Melosira granulata</i>	0.88	10.90	35.25	415.25
虹彩圆筛藻 <i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	0.51	4.82	15.57	82.99
有棘圆筛藻 <i>Coscinodiscus spinosus</i>	0.43	3.80	12.30	52.03
琼氏圆筛藻 <i>Coscinodiscus jonesianus</i>	0.21	1.78	5.74	11.42
蛇目圆筛藻 <i>Coscinodiscus argus</i>	0.18	1.27	4.10	5.95
弯菱形藻 <i>Nitzschia sigma</i>	0.84	10.40	33.61	377.78

续表 7

食物组成 Food species	W/%	N/%	F/%	IRI
中华盒形藻 <i>Biddulphia sinensis</i>	0.09	0.68	3.28	2.53
多毛类 Polychaeta	2.72	0.93	8.66	31.61
加州齿吻沙蚕 <i>Nephtys polybranchia</i>	2.40	0.76	7.38	23.32
不可辨认多毛类 Unidentified polychaeta	0.32	0.17	1.64	0.80
糠虾类 Mysidacea	2.32	1.94	9.06	38.60
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	1.76	1.18	5.74	16.88
中华节糠虾 <i>Siriella sinensis</i>	0.31	0.51	2.46	2.02
不可辨认糠虾 Unidentified mysidacea	0.25	0.25	2.46	1.23
端足类 Amphipoda	3.22	2.54	12.30	70.85
钩虾 <i>Gammarus</i> sp.	3.22	2.54	12.30	70.85
蟹类 Crab	1.67	1.35	6.56	19.81
狭颚绒螯蟹 <i>Eriocheir leptognathus</i>	1.67	1.35	6.56	19.81
瓣鳃类 Bivalve	11.93	13.78	37.45	962.84
河蚬 <i>Corbicula fluminea</i>	7.64	9.89	31.97	560.43
缢蛏 <i>Sinonovacula constricta</i>	4.29	3.89	18.85	154.19
腹足类 Gastropoda	1.45	2.20	10.66	38.91
织纹螺 <i>Nassarius</i> sp.	1.45	2.20	10.66	38.91
桡足类 Copepoda	2.52	13.19	28.58	448.99
虫肢歪水蚤 <i>Tortanus vermiculus</i>	1.02	6.09	19.67	139.85
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	0.25	1.52	4.92	8.70
拟哲水蚤 <i>Paracalanus</i> sp.	0.87	3.30	10.66	44.45
华哲水蚤 <i>Sinocalanus</i> sp.	0.22	1.52	4.92	8.56
不可辨认桡足类 Unidentified copepoda	0.16	0.76	2.46	2.26

(7) 窄体舌鲷 主要摄食虾类 ($IRI = 4199.26$) 和瓣鳃类 ($IRI = 1666.57$), 其次是鱼类 ($IRI = 786.18$), 共计 20 种食物种类。其中主要的食物种类有安氏白虾、葛氏长臂虾 (*Palaemon gravieri*)、缢蛏、狭颚绒螯蟹、纵肋织纹螺 (*Nassarius variciferus*) 等 (表 8)。

表 8 崇明东滩水域窄体舌鲷的食物组成

Table 8 The food species of *Cynoglossus gracilis* in Chongming Dongtan wetland

食物组成 Food species	W/%	N/%	F/%	IRI
鱼类 Fish	15.00	11.97	29.15	786.18
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	7.34	6.17	15.84	214.00
睛尾蝌蚪虾虎鱼 <i>Lophiogobius ellicauda</i>	2.58	2.70	6.93	36.59
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	0.21	0.39	2.97	1.78
舌鲷 <i>Cynoglossus</i> sp.	1.65	1.03	3.96	10.61
长蛇鮈 <i>Saurogobio dumerili</i>	0.86	0.39	2.97	3.71
不可辨的鱼类 Unidentified pisces	2.36	1.29	4.95	18.07
瓣鳃类 Bivalve	16.34	12.09	58.62	1666.57
河蚬 <i>Corbicula fluminea</i>	2.93	5.66	21.78	187.09
缢蛏 <i>Sinonovacula constricta</i>	8.54	4.76	36.63	487.18
焦河篮蛤 <i>Potamocorbucata ustulata</i>	4.87	1.67	12.87	84.17
腹足类 Gastropoda	7.36	6.55	27.72	385.59
纵肋织纹螺 <i>Nassarius variciferus</i>	6.84	5.91	22.77	290.32
红带织纹螺 <i>Nassarius succinctus</i>	0.52	0.64	4.95	5.74
多毛类 Polychaeta	8.33	7.46	16.76	264.64

续表 8

食物组成 Food species	W/%	N/%	F/%	IRI
加州齿吻沙蚕 <i>Nephtys polybranchia</i>	5.72	6.56	13.83	169.83
不倒翁虫 <i>Sternaspis scutata</i>	2.61	0.90	5.93	20.81
端足类 Amphipoda	2.23	7.20	7.92	74.69
钩虾 <i>Gammarus</i> sp.	2.23	7.20	7.92	74.69
口足类 Stomatopoda	3.20	0.77	5.94	23.58
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	3.20	0.77	5.94	23.58
蟹类 Crab	9.41	5.40	20.79	307.90
狭颚绒螯蟹 <i>Eriocheir leptongnathus</i>	9.41	5.40	20.79	307.90
虾类 Shrimp	27.56	28.67	74.68	4199.26
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	0.45	1.03	3.96	5.86
安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>	13.21	16.97	43.56	1314.64
脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>	2.47	1.67	12.87	53.28
葛氏长臂虾 <i>Palaern gravieri</i>	11.43	9.00	34.65	707.90
鱼卵 Roe	3.82	1.41	10.89	56.95
植物碎屑和泥沙 Plant debris and mud	6.28		34.65	

2.3 崇明东滩 6 种经济鱼类与中华鲟幼鱼的食物重叠状况

经分析将崇明东滩六种经济鱼类与中华鲟幼鱼的饵料归为 17 个大类(鱼类、口足类、虾类、蟹类、等足类、涟虫类、枝角类、水生昆虫类、毛颚类、藻类、多毛类、寡毛类、糠虾类、端足类、瓣鳃类、腹足类、桡足类),根据各饵料成分的重量百分比计算出各种鱼类之间的饵料重叠系数(表 9)。结果表明在种间 21 个组配中,饵料重叠系数大于 0.7 的有 2 个,分别是鲮和鲢(0.99),凤鲚和刀鲚(0.95)。鲮和鲢的饵料重叠系数较高与它们均主要摄食有机碎屑和底栖藻类有关,凤鲚和刀鲚的饵料重叠系数较高与它们均主要摄食虾类和糠虾类有关。其余种间 19 个组配中饵料重叠系数均小于 0.5,崇明东滩 6 种经济鱼类与中华鲟幼鱼之间的饵料重叠系数均不大于 0.4。

表 9 崇明东滩 6 种经济鱼类与中华鲟幼鱼饵料重叠系数

Table 9 The dietary overlap coefficient between six economic fishes and juvenile *Acipenser sinensis* in Chongming Dongtan wetland

物种 Species	鲢 <i>Liza haematochiela</i> O_{jk}	鲮 <i>Mygil cephalus</i> O_{jk}	刀鲚 <i>Coilia ectenes</i> O_{jk}	凤鲚 <i>Coilia mystus</i> O_{jk}	窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i> O_{jk}	中华鲟 <i>Acipenser sinensis</i> O_{jk}
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	0.00	0.00	0.22	0.15	0.24	0.12
鲢 <i>Liza haematochiela</i>		0.99	0.10	0.14	0.29	0.09
鲮 <i>Mygil cephalus</i>			0.09	0.13	0.24	0.07
刀鲚 <i>Coilia ectenes</i>				0.95	0.17	0.08
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>					0.14	0.11
窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i>						0.40

2.4 崇明东滩 6 种经济鱼类与中华鲟幼鱼的食性类型和生态属性

在以往的鱼类食性研究资料中,研究者常用饵料生物的生态类群的出现频率百分比组成来划分鱼类的食性类型^[7,10-11]。采用一般多数的原则,参照张波等的研究方法^[7],在本研究中以出现频率百分比组成的 60% 为标准,即饵料出现频率百分比组成超过 60% 的即为主要摄食对象。根据崇明东滩 6 种经济鱼类与中华鲟幼鱼(表 2—表 8)生态类群的出现频率百分比组成(表 10),发现它们分属 4 种食性类型:中华鲟幼鱼以底栖无脊椎动物和底栖鱼类为主要食物(分别占 60.83% 和 32.93%),属底栖生物食性;窄体舌鳎以底栖无脊椎动物为主要食物(占 75.48%),属底栖生物食性;中国花鲈摄食的底栖无脊椎动物和底栖鱼类达 56.67%,游泳

动物达 30.14%, 浮游动物达 13.18%, 属底栖动物、游泳动物食性; 鲢和鳊以硅藻和有机碎屑为主要食物(分别占 71.56% 和 81.03%), 属底层藻类食性; 凤鲚和刀鲚以浮游动物为主要食物(分别占 69.60% 和 66.99%), 属浮游动物食性。

表 10 崇明东滩 6 种经济鱼类与中华鲟幼鱼食物的生态类群(出现频率百分比组成/%)

Table 10 Ecological groups of the food items of six economic fishes and juvenile *Acipenser sinensis* in Chongming Dongtan wetland

种类 Species	底层藻类 Benthic algae	碎屑 Detritus	浮游动物 Zooplankton	游泳动物 Nekton	底栖无脊椎 椎椎动物 Zoobenthos	底栖鱼类 Benthic fish
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>			13.18	30.14	41.37	15.30
鳊 <i>Liza haematocheila</i>	35.40	36.16	12.77		15.66	
鲢 <i>Mytil cephalus</i>	39.04	41.99	6.44		12.52	
刀鲚 <i>Coilia ectenes</i>		4.63	66.99	11.94	10.65	5.79
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>		5.49	69.60	10.07	8.99	5.85
窄体舌鲷 <i>Cynoglossus gracilis</i>		11.92	1.36	1.02	75.48	10.21
中华鲟 <i>Acipenser sinensis</i>		4.27	0.98	0.98	60.83	32.93

3 讨论

分析表明,崇明东滩 6 种经济鱼类与中华鲟幼鱼的食物竞争状况为:(1)浮游动物食性的鱼类(刀鲚和凤鲚)的饵料重叠系数达到 0.95,两者之间的食物竞争强度较高;主要的食物竞争对象为中国毛虾、中华节糠虾和鱼类。但与中华鲟幼鱼的饵料重叠系数仅分别为 0.08 和 0.11,对中华鲟幼鱼的食物竞争不高。(2)底层藻类食性的鱼类(鳊和鲢)的饵料重叠系数达到 0.99,食物竞争强度很高;主要的食物竞争对象为底层硅藻、河蚬稚贝和桡足类。但与中华鲟幼鱼的饵料重叠系数仅分别为 0.09 和 0.07,对中华鲟幼鱼的食物竞争不高。(3)底栖生物食性的中国花鲈和窄体舌鲷与中华鲟幼鱼的饵料重叠系数分别为 0.12 和 0.40,食物竞争强度较低。它们之间食物竞争被削弱的主要原因是:窄体舌鲷主要摄食底栖无脊椎动物,其重量百分比组成达到 78.25%;中华鲟幼鱼主要摄食底栖鱼类,其重量百分比组成达到 67.02%;而中国花鲈主要摄食游泳动物(重量百分比为 40.98%)和底栖无脊椎动物(重量百分比为 29.95%),由于三者摄食生态类群的分化,减小了它们之间的食物竞争强度。中华鲟和花鲈食物组成中虽然鱼类的 IRI 均较高,但由于两者摄食的鱼类品种不同,两者的饵料重叠系数也较低;窄体舌鲷虽主要摄食虾类,但与中华鲟幼鱼食物组成中的鱼、虾类中许多种类是相同的,因此二者的饵料重叠系数相对较高,表明窄体舌鲷对中华鲟幼鱼的食物有一定的竞争力。

长江每年上亿吨的泥沙使河口及广阔的水下三角洲地区有时可出现 1—2m 厚的浮沙带,含沙量大,透明度仅 5—20cm^[12]。浅滩、沙洲和径流使东滩水域浮游生物种类和数量较少,营浮游生物类群鱼类很少,相反,营底栖性的居多。河口独特的水文环境使得栖息于此的生物类群摄食对象面较狭窄,食物链较短,主要是依“垂直”系统,“食物—消耗者—二级消耗者”的三级营养关系起作用,能量转换率较高,使得水域饵料资源得到较为充分利用^[3]。东滩水域经济鱼类,鲢、鳊、舌鲷、长蛇鮈(*Saurogobio dumerili*)、虾虎鱼类(*Gobiidae* spp.)、棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)、似鳊(*Pseudobrama simoni*)及光泽黄颡鱼(*Pelteobagrus nitidus*)等,均为底栖生物食性类群。同时该水域众多的底栖鱼类及其它底栖生物也为洄游至此的中华鲟幼鱼提供了饵料保障。据长江口中华鲟自然保护区基本调查与监测结果显示,崇明东滩六种经济鱼类与中华鲟幼鱼食物组成中的重要种类,如虾虎鱼、白虾、狭颚绒螯蟹、加州齿吻沙蚕、钩虾和河蚬等在崇明东滩水域资源量大且分布广,充分保证了它们的食物来源。总体上来说,崇明东滩 6 种经济鱼类与中华鲟幼鱼食性类型不同,且栖息水域饵料资源较为丰富,因此它们之间的食物竞争强度也较低。东滩水域除花鲈外,几乎不存在其他凶猛鱼类,是中华鲟幼鱼在河口区肥育的良好栖息地。

References:

- [1] Yi J F. Investigation on resources of juvenile Chinese sturgeon in Yangtze estuary. Hydropower of Gezhouba, 1994, 1: 53-58.

- [2] The Changjiang Aquatic Resources Survey Group of Sichuan Province. The Biology of Sturgeon in Changjiang and Their Artificial Production. Chengdu: Sichuan Scientific and Technical Publishing House, 1988: 82-88.
- [3] East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai Fisheries Research Institute. The Fishes of Shanghai. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1990: 87-88.
- [4] Zhuang P, Wang Y H, Li S F, Deng S M, Li C S, Ni Y. Fishes in the Yangtze Estuary. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2006, 53-54.
- [5] Feng G P, Zhuang P, Liu J, Zhang T, Li C S, Zhang L Z, Zhao F, Huang X R. Community diversity and growth characteristic of fish in Tuanjiesha along the eastern beach of Chongming Island. Marine Fisheries, 2007, 29(1): 38-43.
- [6] Deng J Y, Jiang W M, Yang J M, Li J. Species interaction and food web of major predatory species in the Bohai Sea. Journal of Fishery Sciences of China, 1997, 4(4): 1-7.
- [7] Zhang B, Tang Q S. Feeding habit of six species of eels in East China Sea and Yellow Sea. Journal of Fisheries of China, 2003, 27(4): 307-314.
- [8] Eric R P. The structure of lizard communities. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4:53-74.
- [9] Zhang Q Y, Lin Q M, Lin Y T, Zhang Y P. Food web of fishes in Minnan-Taiwancheientan fishing ground. Acta Oceanologica Sinica, 1981, 3(2): 275-290.
- [10] Keast A. Trophic and spatial interrelationships in the fish species of an Ontario temperate lake. Environmental Biology of Fishes, 1978, 3(1):7-31.
- [11] Wei S, Jiang W M. Study on food web of fishes in the Yellow Sea. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1992, 23(2): 182-192.
- [12] Wang L, Zhang T. The development and change of Chongming Dongtan in 15 years. Shanghai Geology, 2005, 2: 8-15.

参考文献:

- [1] 易继舫. 长江中华鲟幼鲟资源调查. 葛洲坝水电, 1994, 1:53-58.
- [2] 四川省长江水产资源调查组. 长江鲟鱼类生物学及人工繁殖研究. 成都:四川科学出版社, 1988: 82-88.
- [3] 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海市水产研究所. 上海鱼类志. 上海:上海科学技术出版社, 1990: 87-88.
- [4] 庄平, 王幼槐, 李圣法, 邓思明, 李长松, 倪勇. 长江口鱼类. 上海:上海科学技术出版社, 2006: 53-54.
- [5] 冯广朋, 庄平, 刘健, 张涛, 李长松, 章龙珍, 赵峰, 黄晓荣. 崇明东滩团结沙鱼类群落多样性与生长特性. 海洋渔业, 2007, 29(1): 38-43.
- [6] 邓景耀, 姜卫民, 杨纪明, 李军. 渤海主要生物种间关系及食物网的研究. 中国水产科学, 1997, 4(4): 1-7.
- [7] 张波, 唐启升. 东、黄海六种鳗的食性. 水产学报, 2003, 27(4): 307-314.
- [9] 张其永, 林秋眠, 林允通, 张月平. 闽南-台湾浅滩渔场鱼类食物网研究. 海洋学报, 1981, 3(2): 275-290.
- [11] 韦晟, 姜卫民. 黄海鱼类食物网的研究. 海洋与湖沼, 1992, 23(2): 182-192.
- [12] 王亮, 张彤. 崇明东滩 15 年动态发展变化研究. 上海地质, 2005, (2): 8-15.