

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.01343

黄海北部鱼类群落的摄食生态及其变化

张波, 吴强, 牛明香, 金显仕

农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室, 山东省渔业资源与生态环境重点实验室, 中国水产科学研究院
黄海水产研究所, 山东 青岛 266071

摘要: 根据 2010 年 5 月和 8 月对黄海北部渔业资源的底拖网调查, 分析了黄海北部鱼类群落的摄食生态及其变化。结果表明, 黄海北部鱼类群落共有 9 种重要种类, 与 5 月相比, 8 月没有游泳动物食性鱼类, 广食性鱼类减少, 浮游动物食性鱼类的比例大大增加。黄海北部鱼类群落在 5 月和 8 月总摄食量分别为 0.5 万 t 和 19.6 万 t, 细长脚蛾、中华哲水蚤、脊腹褐虾、中华安乐虾、小黄鱼和鳀是黄海北部鱼类群落被摄食量最高的 6 种主要饵料种类。1985 年至 2010 年的 25 年间, 黄海北部鱼类群落的优势种更替, 游泳动物食性鱼类减少, 广食性鱼类增多; 鱼类群落的平均营养级每 10 年下降 0.24, 尽管近 10 年的下降速度有所放慢, 但仍远远高于渤海和黄海中南部的下降速度。

关键词: 黄海北部; 鱼类群落; 食性类型; 摄食量; 营养级

中图分类号: S93

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)06-1343-08

黄海是全球 50 个大海洋生态系之一^[1], 分为黄海北部、中部和南部 3 个区域^[2], 其中, 黄海北部是中国辽宁省海洋捕捞业传统渔场之一, 也是中国开展资源放流增殖活动的重要海域。历史上该海域的中国对虾(*Penaeus orientalis*)、小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)、带鱼(*Trichiurus lepturus*)等大宗经济种类资源丰富, 但随着捕捞强度的不断加大, 资源严重衰退, 大宗经济种类已不能形成渔汛^[3]。一些研究者针对中国在该海域开展的资源放流增殖活动进行了探讨^[4-8], 但有关黄海北部渔业资源的调查和研究还较少^[9], 也未见对该海域鱼类群落食物关系和营养结构的报道。本研究根据放流前后对黄海北部生物资源和生态环境进行的大面综合调查, 通过对黄海北部鱼类群落摄食生态的研究, 弄清资源增殖的生态背景, 为海洋生物资源养护提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 样品的采集与分析

2010 年的 5 月 8–17 日和 8 月 1–14 日, 用荣成“鲁荣渔 2491/2492 号”350 马力的双拖渔船对黄海北部进行了大面综合调查, 取样站位如图 1 所示。调查网具的网口高度 6 m, 网口宽度 22.6 m, 网具主尺寸为 1 740 目 × 63 mm, 囊网网目 20 mm。定点站位拖网 1h, 拖速为 3.0 kn。

根据“简化食物网”的研究策略^[10], 选择占总渔获量 90%左右的种类^[11]作为在食物关系、营养层次转化中发挥重要功能作用的重要种类为研究对象, 进行胃含物分析。取样个体经生物学测定后, 取出消化道立即速冻保存。胃含物分析时, 将其解冻用吸水纸吸去水分后, 再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 0.001 g, 并尽量鉴定到最低分类单元。

收稿日期: 2011-03-21; 修订日期: 2011-05-26.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41076110); 国家 973 计划项目(2011CB409805); 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(200903005); 山东省泰山学者工程专项; 农业部黄渤海渔业资源环境重点野外科学观测试验站资助。

作者简介: 张波(1971-), 女, 博士, 副研究员, 主要从事鱼类摄食生态及食物网结构的研究。E-mail: zhangbo@ysfri.ac.cn

采用一般多数的原则,即以出现频率百分比组成超过 60% 的饵料为主要摄食对象来划分食性类型^[12]。为了与以往的研究结果进行比较,将食性类型划分为 4 种:浮游动物食性、底栖动物食性、游泳动物食性和广食性。

1.2 数据分析

根据资源量评估和胃含物分析结果,用 Overholtz 等^[13]的方法估算黄海北部鱼类群落对主要饵料生物的摄食量:

$$FC_{ij}=N_i\times C_i\times P_{ij}\times t$$

其中 FC_{ij} 为鱼种 i 摄食饵料 j 的摄食量; N_i 为鱼种 i 的资源量; C_i 为鱼种 i 的日摄食率; P_{ij} 为饵料 j 在鱼种 i 食物中所占的质量百分比; t 为天数。采用扫海面积法评估黄海北部鱼类群落重要种类的资源量(N_i)^[14],日摄食率(C_i)采用 Eggers 公式计算^[15-17]。

黄海北部鱼类群落的营养级($\overline{TL}_k$)根据下列公式计算:

$$\overline{TL}_k=\sum_{i=1}^m TL_i Y_{ik} / Y_k$$

其中 TL_i 表示 i 种类的营养级, Y_{ik} 表示 i 种类在 k 年的生物量, Y_k 表示 k 年 m 个种类的总生物量。

为了比较黄海北部鱼类群落营养级的年间变化,选取 1985 年、2000 年和 2010 年在黄海北部进行的底拖网调查中优势种,即其渔获量占总渔

获量百分比前 5 位的为优势种,来进行比较研究。1985 年和 2000 年黄海北部鱼类群落优势种的生物量资料来源于徐宾铎等^[18],优势种的食性类型和营养级资料取自韦晟等^[19]和张波等^[11](表 1)。2010 年优势种的营养级根据张波等^[11]的计算公式和修正后的基础饵料的营养级进行计算。

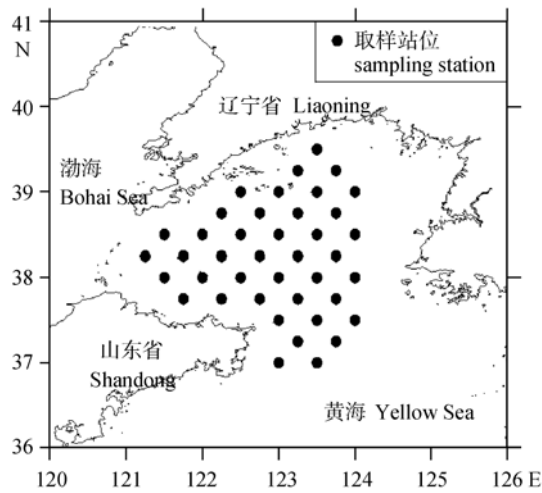


图 1 黄海北部取样站位图

Fig. 1 Sampling stations in the north Yellow Sea

2 结果与分析

2.1 黄海北部鱼类群落的重要种类及其摄食

根据各鱼种渔获量占总渔获量的百分比,黄海北部鱼类群落两月份的重要种类组成不同(表

表 1 1985 年和 2000 年黄海北部鱼类群落优势鱼种及其食性类型

Tab.1 Dominant species and its feeding habit of fish community in 1985 and 2000 in the north Yellow Sea

鱼 种 fish species	摄食习性 feeding habit	营养级 trophic level	生物量/% biomass
1985			
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	浮游动物食性 zooplanktivores	3.60	15.3
细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	底栖动物食性 benthivores	4.30	19.1
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	游泳动物食性 nektivores	4.80	19.9
华鲻 <i>Raja chinensis</i>	广食性 generalist predators	4.20	9.4
石鲈 <i>Platichthys bicoloratus</i>	底栖动物食性 benthivores	4.10	5.6
2000			
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	浮游动物食性 zooplanktivores	3.27	28.0
细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	底栖动物食性 benthivores	4.23	39.0
小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	广食性 generalist predators	3.65	5.9
绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>	底栖动物食性 benthivores	4.30	7.2
大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	底栖动物食性 benthivores	3.59	6.4

2)。5 月的重要种类有 7 种, 包括小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)、长绵鲷 (*Enchelyopus elongatus*)、黄鲫 (*Setipinna taty*)、黄鲛鲷(*Lophius litulon*)、高眼鲷(*Cleisthenes herzensteini*)、大头鳕 (*Gadus macrocephalus*) 和花鲈 (*Lateolabrax japonicus*), 占总渔获量的 89.7%。8 月的重要种类有 5 种, 包括鳀(*Engraulis japonicus*)、细纹狮子鱼 (*Liparis tanakae*)、小黄鱼、长绵鲷和大头鳕, 占总渔获量的 88.5%。小黄鱼、长绵鲷和大头鳕在 2 个月份都是重要种类, 食性类型也没有变化(表 2), 但根据胃含物分析结果(表 3, 表 4), 摄食的食物种类有一定差异。尽管小黄鱼都是广食性鱼类, 但在 5 月摄食浮游动物和底栖动物饵料, 在 8 月摄食浮游动物、底栖动物和游泳动物饵料, 摄食饵料的多样性增加; 长绵鲷是底栖动物食性鱼类, 但在 5 月摄食较多的底层虾类, 而 8 月主要摄食双壳类; 大头鳕是底栖动物食性鱼类, 但在 5 月主要摄食小黄鱼、脊腹褐虾(*Crangon affinis*)和中华安乐虾(*Eualus sinensis*), 8 月主要摄食鳀和脊腹褐虾。

2.2 黄海北部鱼类群落营养结构的变化

黄海北部鱼类群落的优势种在不同年份存在

较大的变化(表 1, 表 2), 蓝点马鲛不再是该海域的优势种。从食性类型的组成上看(图 2), 2000 年黄海北部鱼类群落的优势种没有游泳动物食性鱼类, 与 1985 年相比底栖动物食性鱼类比例大大增加(图 2-a、b); 2010 年 8 月黄海北部鱼类群落的优势种没有游泳动物食性鱼类; 与 5 月相比, 广食性鱼类的比例从 62.6%下降到 22.4%, 但浮游动物食性鱼类的比例从 8.0%升至 52.3%, 比例大大增加(图 2-c、d)。8 月黄海北部鱼类群落的平均营养级为 3.57, 低于 5 月的平均营养级(3.75)。1985 年至 2010 年的 25 年间, 黄海北部鱼类群落的营养层次大幅下降(图 3)。平均营养级从 1985 年的 4.26 下降到 2000 年的 3.84, 以平均每 10 年下降 0.28 的速度下降; 2000 年至 2010 年间以平均每 10 年下降 0.18 的速度下降, 下降速度略有放慢。

2.3 黄海北部鱼类群落对主要饵料生物的摄食量

根据对黄海北部鱼类群落 9 个重要种类、2 042 个胃含物样品的分析结果, 发现摄食的浮游动物饵料有磷虾类、桡足类、虫类和甲壳类幼体; 底栖动物饵料有虾类、蟹类、蛇尾类、双壳类、腹足类、多毛类和钩虾类; 游泳动物饵料有鱼类。将摄入的重量百分比超过总摄食量 10%的某一饵料

表 2 黄海北部鱼类群落的重要种类及其食性类型
Tab.2 Important species and its feeding habit of fish community in the north Yellow Sea

鱼 种 fish species	浮游动物* zooplankton	底栖动物* benthon	游泳动物* nekton	食性类型 feeding habit	营养级 trophic level
5 月 May					
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	85.7	14.3		浮游动物食性 zooplanktivores	3.36
小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	50.0	50.0		广食性 generalist predators	3.75
花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>		60.0	40.0	广食性 generalist predators	4.41
长绵鲷 <i>Enchelyopus elongatus</i>		100		底栖动物食性 benthivores	3.71
高眼鲷 <i>Cleisthenes herzensteini</i>		98.7	1.3	底栖动物食性 benthivores	3.89
大头鳕 <i>Gadus macrocephalus</i>		63.6	36.4	底栖动物食性 benthivores	4.39
黄鲛鲷 <i>Lophius litulon</i>		7.4	92.6	游泳动物食性 nekthivores	4.41
8 月 August					
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	88.9	11.1		浮游动物食性 zooplanktivores	3.18
小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	48.6	31.4	20.0	广食性 generalist predators	3.78
细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>		96.3	3.7	底栖动物食性 benthivores	4.31
长绵鲷 <i>Enchelyopus elongatus</i>		100		底栖动物食性 benthivores	3.28
大头鳕 <i>Gadus macrocephalus</i>		68.1	31.9	底栖动物食性 benthivores	4.37

注: “*” 指出现频率百分比组成。
Note: “*” means percentage of frequency of occurrence.

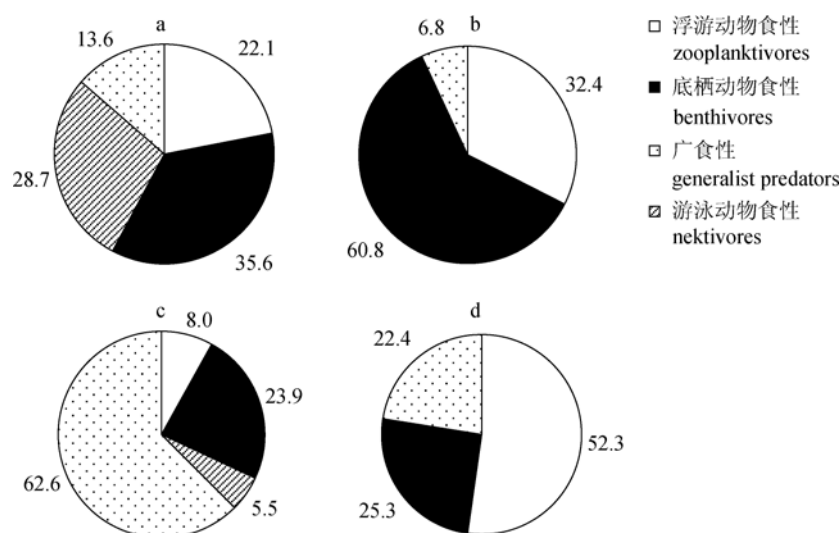


图 2 黄海北部优势鱼种食性类型的生物量组成

a: 1985 年; b: 2000 年; c: 2010 年 5 月; d: 2010 年 8 月

Fig.2 The feeding habit composition of dominant species in the north Yellow Sea

a: 1985; b: 2000; c: May 2010; d: August 2010

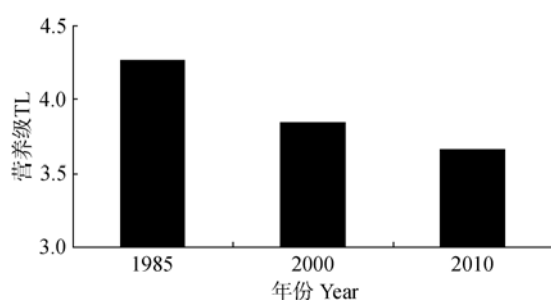


图 3 黄海北部鱼类群落平均营养级(TL)的变化

Fig.3 Decadal variations of mean trophic level (TL) of fish community in the north Yellow Sea

料类群和饵料种类即视作主要饵料类群和主要饵料种类, 根据胃含物分析结果, 黄海北部鱼类群落摄食的主要饵料类群见表 3, 主要的饵料种类见表 4。

从表 3 可以看出, 5 月和 8 月摄食的主要饵料类群分别是 8 种和 9 种, 对饵料生物的总摄食量分别是 0.5 万 t 和 19.6 万 t。5 月黄海北部鱼类群落中长绵鲷的摄食量最高, 占总摄食量的 35.6%, 其次是花鲈(25.4%)和大头鳊(24.6%); 8 月鳀的摄食量最高, 占总摄食量的 48.3%, 其次是细纹狮子鱼(23.5%)和大头鳊(22.6%)。5 月主要摄食鱼类和虾类, 被摄食量分别占总摄食量的 46.9%和 39.2%; 摄食的其他底栖动物饵料和浮游动物饵

料较少, 仅占总摄食量的 8.8%和 1.8%。8 月主要摄食鱼类、虾类和浮游动物饵料, 被摄食量分别占总摄食量的 33.9%、31.4%和 30.8%, 其中被摄食的桡足类占了浮游动物饵料的 66.1%; 被摄食的其他底栖动物饵料仅占总摄食量的 1.4%。黄海北部鱼类群落摄食的底栖动物饵料中虾类所占的比例最大, 5 月和 8 月摄食的虾类分别占摄食的底栖动物饵料的 81.7%和 95.6%。

从表 4 可以看出, 5 月黄海北部鱼类群落摄食的主要饵料种类包括脊腹褐虾、中华安乐虾、太平洋磷虾、小黄鱼、叫姑鱼和萨氏蛇尾, 被摄食的生物量总和约为 0.3 万 t, 占总摄食量的 65%。8 月黄海北部鱼类群落摄食的主要饵料种类包括脊腹褐虾、中华安乐虾、细长脚蚶、中华哲水蚤和鳀, 被摄食的生物量总和约为 12.4 万 t, 占总摄食量的 62.9%。

3 讨论

3.1 黄海北部鱼类群落的摄食生态及其变化

通过此次 5 月和 8 月对黄海北部大面综合调查, 发现黄海北部鱼类群落有 9 个重要种类, 但两月份重要种类的组成不同。小黄鱼、长绵鲷和大头鳊在两个月中都是该海域鱼类群落的重要种类,

表 4 主要饵料种类在各鱼种食物中所占的质量百分比(括号中)及其被摄食的生物量
Tab.4 Percentage weight (in brackets) and food consumption of major prey species by each fish species t

鱼 种 fish species	主要饵料种类 major prey species					
5 月 May	脊腹褐虾 <i>C. affinis</i>	中华安乐虾 <i>E. sinensis</i>	太平洋磷虾 <i>E. pacifica</i>	小黄鱼 <i>P. polyactis</i>	皮氏叫姑鱼 <i>J. belengerii</i>	萨氏蛇尾 <i>O.sarsii</i>
小黄鱼 <i>P. polyactis</i>	188.6 (58.5)	52.1 (16.2)	13.0 (4.0)			
长绵鲷 <i>E. elongatus</i>	232.5 (13.2)	1003.5 (56.9)				73.1 (4.1)
黄鲫 <i>S. taty</i>		0.6 (4.7)	1.4 (11.5)			
黄鲛鲮 <i>L. litulon</i>				59.4 (32.0)	64.1(34.5)	
高眼鲷 <i>C. herzensteini</i>	81.8 (42.1)	12.0 (6.2)				61.7 (31.8)
大头鳕 <i>G. macrocephalus</i>	14.2 (1.2)	13.9 (1.1)		177.5 (14.5)		
花鲈 <i>L. japonicus</i>	237.5 (18.9)			936.5 (74.4)		
合计 total	754.6	1082.1	14.4	1173.4	64.1	134.8
8 月 August	脊腹褐虾 <i>C. affinis</i>	中华安乐虾 <i>E. sinensis</i>	细长脚蛸 <i>T. gracilipes</i>	中华哲水蚤 <i>C. sinicus</i>	鳀 <i>E. japonicus</i>	
鳀 <i>E. japonicus</i>			10470.7 (11.0)	38961.5 (41.1)		
小黄鱼 <i>P. polyactis</i>			2698.1 (32.3)		2191.3 (26.2)	
细纹狮子鱼 <i>L. tanakae</i>	33850.9 (73.2)	5446.1 (11.8)				
大头鳕 <i>G. macrocephalus</i>	17768.7(40.1)	75.4 (0.2)			12058.6 (27.2)	
合计 total	51619.6	5521.5	13168.8	38961.5	14249.9	

但 8 月份鳀和细纹狮子鱼取代 5 月份的黄鲫、黄鲛鲮、高眼鲷和花鲈成为黄海北部鱼类群落的重要种类。在黄海北部鱼类群落摄食的主要饵料种类中, 尽管脊腹褐虾和中华安乐虾都是主要饵料种类, 但在 5 月黄海北部生态系统中中华安乐虾更重要, 而脊腹褐虾在 8 月的生态系统中更重要。5 月小黄鱼不仅是鱼类群落中的重要种类, 也是主要饵料种类, 被摄食量占小黄鱼资源量(1.02 万 t)的 12%; 8 月鳀成为鱼类群落中的重要种类和主要饵料种类, 被摄食量占其资源量(7.07 万 t)的 20%。可见, 小黄鱼、长绵鲷和大头鳕在两月份摄食饵料种类的差异是由黄海北部饵料生物的季节变化引起的, 这与许多研究者的结论一致^[20-22]。5 月黄海北部鱼类群落以广食性鱼类和底栖动物食性鱼类为主, 平均营养级较高, 但摄食量仅 0.5 万 t; 8 月的鱼类群落以浮游动物食性鱼类为主, 广食性鱼类大大减少, 平均营养级下降, 但摄食量高达 19.6 万 t, 约为 5 月的 40 倍。这主要是由于 5 月份鱼类群落的多数种类处于繁殖阶段, 摄食量较少, 而 8 月的鱼类群落中幼鱼增多, 摄食量加大, 摄食浮游动物饵料也增多。

太平洋磷虾、中华哲水蚤和细长脚蛸作为黄

海的优势浮游动物, 在黄海生态系统中起着不可忽视的关键作用^[16-17]。尤其是太平洋磷虾, 它为黄海中南部中上层鱼类提供了一半以上的食物来源, 是黄海中南部海域的关键饵料生物^[16]。本研究发现黄海北部鱼类群落摄食太平洋磷虾的量并不大, 5 月摄食的浮游动物饵料主要是甲壳类幼体, 而 8 月则主要是中华哲水蚤和细长脚蛸, 其被摄食量占该月摄食浮游动物饵料量的 86.1%。另外, 薛莹等^[16]发现黄海中南部底层鱼类的关键饵料生物是脊腹褐虾和鳀, 它们为底层鱼类提供了 55.5%的食物来源。本研究发现 5 月脊腹褐虾、中华安乐虾和小黄鱼为黄海北部底层鱼类提供了 60.9%的食物来源; 8 月脊腹褐虾、中华安乐虾和鳀为黄海北部底层鱼类提供了 70.3%的食物来源。因此, 与黄海中南部的主要饵料生物略有不同^[16], 细长脚蛸、中华哲水蚤、脊腹褐虾、中华安乐虾、小黄鱼和鳀是黄海北部被摄食量最高的 6 种饵料生物。

近年来, 中国各海域的渔获物营养级呈下降趋势, 渤海渔获物平均营养级从 1959 年的 4.1 下降到 1998–1999 年的 3.4(平均每 10 年下降 0.17); 黄海中南部渔获物的平均营养级从 1985–1986 年

的 3.7 下降到 2000–2001 年的 3.4(平均每 10 年下降 0.14), 高于全球的变化趋势(平均每 10 年下降 0.03 ~ 0.10)^[23-24]。本研究结果表明黄海北部鱼类群落的平均营养级从 1985 的 4.26 下降到 2010 年的 3.66, 以平均每 10 年下降 0.24 的速度下降, 远远高于黄海西南部海域和渤海。与黄海西南部海域和渤海的渔获物营养级下降的原因不同^[24], 鱼类群落优势种组成的不断更替是导致黄海北部鱼类群落营养级下降的主要原因。黄海北部鱼类群落优势种中高营养级、高经济价值的鱼类被低营养级、低经济价值的鱼类所替代; 游泳动物食性鱼类减少, 广食性鱼类增多。由于近年来采取了一系列资源保护措施, 黄海北部鱼类群落的平均营养级的下降速度有所放慢, 从 1985 到 2000 年的平均每 10 年下降 0.28 的下降速度, 减慢到 2000 年至 2010 年间以平均每 10 年下降 0.18 的下降速度。但这一下降速度仍远远高于渤海和黄海中南部的下降速度, 因此, 进一步的加强资源养护是非常必要的。

3.2 鱼类摄食生态研究在增殖生态基础研究中的应用

由于过度捕捞, 中国海洋渔业资源严重衰退, 表现在许多种类的资源量明显下降^[25]; 渔获物的组成在过去数十年中不断发生更替^[18,26-27]; 近海渔业资源几乎已被全部过度开发, 某些资源甚至已经枯竭, 无法恢复。因此, 渔业资源的修复和保护成为当前面临的重要任务。中国自 20 世纪 50 年代开始渔业资源放流增殖活动, 近年来, 得益于政府高度重视, 水生生物资源增殖放流迎来前所未有的大好局面。进行放流前后生物资源和生态环境大面综合调查, 弄清资源增殖的生态背景场, 在摸清渔业资源增殖的生态环境的基础上, 才能本着优化生态系统结构、提高生态系统食物产出的原则, 确立适宜的放流种类, 有针对性地开展增殖放流。在本次增殖放流前后对黄海北部大面综合调查中捕获的主要放流品种有牙鲆和许氏平鲷, 放流前许氏平鲷的生物量占总渔获量的 0.6%, 放流后占 0.5%; 放流前牙鲆的生物量占总渔获量的 0.5%, 放流后的调查未捕获牙鲆。可见,

当前黄海北部的放流增殖鱼种对资源的补充还是有限的, 放流种类对黄海北部海域鱼类群落的食物网结构影响不大。

增殖放流海域的食物网及敌害关系的研究是增殖生态基础调查研究的重要内容之一。从对黄海北部鱼类群落重要种类摄食的分析看, 未见对主要放流品种, 如: 中国对虾、三疣梭子蟹、真鲷、牙鲆、半滑舌鳎、许氏平鲷和梭鱼等的捕食。但在放流前摄食的浮游动物饵料中甲壳类幼体就占了 80%, 可见对即将放流的中国对虾和三疣梭子蟹的幼体有潜在捕食的威胁。本次调查的胃含物分析结果表明主要放流品种之一的许氏平鲷是主要摄食底层虾类(占摄入食物的出现频率百分比的 84.6%)的底栖动物食性鱼类, 主要摄食脊腹褐虾、中华安乐虾、日本鼓虾和七腕虾等虾类; 而本次调查捕获的牙鲆样品都是空胃, 无法分析其摄食情况。根据韦晟等^[19]对黄海鱼类食物网的研究, 主要放流鱼种中的真鲷是广食性鱼类, 主要摄食脊腹褐虾、壳蛞蝓、鳀、安乐虾和桡足类等; 半滑舌鳎为底栖动物食性鱼类, 主要摄食底层虾类和双壳类等; 牙鲆为游泳动物食性鱼类, 主要摄食鳀、皮氏叫姑鱼、黄鲫和玉筋鱼等; 而梭鱼则是植食性鱼类^[28]。可见, 这些主要放流品种之间不存在严重食物竞争, 鱼类群落的重要种类和主要放流鱼种之间也不存在严重的敌害关系。邓景耀等^[29]对渤海 54 种主要鱼类食物关系的研究也没有发现捕食性鱼类对渤海对虾等主要增殖种类有明显的危害。唐启升^[30]认为应采集水深小于 5m 的内湾、河口附近的浅水区和定置网密布的海区的渔获物, 才能研究渔业资源增殖的敌害生物及其对增殖种类的危害, 这也将是我们下一步研究的重点。

参考文献:

- [1] 唐启升, 苏纪兰. 中国海洋生态系统动力学研究. I 关键科学问题与研究发展战略[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [2] 刘效舜. 黄渤海区渔业资源调查与区划[M]. 北京: 海洋出版社, 1990: 57–69.
- [3] 陈钰. 黄海北部海洋渔业经济状况[J]. 水产科学, 2002, 21: 29–30.
- [4] 李树林, 李润寅. 黄海北部中国对虾增殖问题的探讨[J].

- 水产科学, 2000, 19: 46–47.
- [5] 王建芳, 于深礼, 陈钰. 黄海北部对虾增殖业发展的探讨[J]. 现代渔业信息, 2002, 17: 12–13.
- [6] 董婧, 周玮, 李培军, 等. 黄海北部对虾放流区的浮游植物群落结构[J]. 海洋环境科学, 1999, 18: 77–80.
- [7] 董婧, 刘海映, 王文波, 等. 黄海北部对虾放流区的浮游动物[J]. 大连水产学院学报, 2000, 15: 65–70.
- [8] 陈介康, 鲁男, 刘春洋, 等. 黄海北部近岸水域海蜇放流增殖的实验研究[J]. 海洋水产研究, 1994, 15: 103–113.
- [9] 董婧, 王文波, 刘海映, 等. 黄海北部近岸鱼类资源数量分布与群体结构[J]. 海洋通报, 2004, 23: 45–49.
- [10] 唐启升. 海洋食物网与高营养层次营养动力学研究策略[J]. 海洋水产研究, 1999, 20(2): 1–11.
- [11] 张波, 唐启升. 渤、黄、东海高营养层次重要生物资源种类的营养级研究[J]. 海洋科学进展, 2004, 22: 393–404.
- [12] 张波, 唐启升. 东、黄海六种鳗的食性[J]. 水产学报, 2003, 27: 307–314.
- [13] Overholtz W J, Link J S, Suslowicz L E. Consumption of important pelagic fish and squid by predatory fish in the northeastern USA shelf ecosystem with some fishery comparisons[J]. ICES J Mar Sci, 2000, 57: 1147–1159.
- [14] 金显仕. 黄、渤海生物资源与栖息环境 [M]. 北京: 科学出版社, 2005: 235.
- [15] Eggers D M. Factors in interpreting data obtained by diel sampling of fish stomachs[J]. J Fish Res Board Can, 1977, 34: 290–294.
- [16] 薛莹, 金显仕, 赵宪勇, 等. 秋季黄海中南部鱼类群落对饵料生物的摄食量[J]. 中国海洋大学学报, 2007, 37: 75–82.
- [17] 张波, 金显仕. 黄海鱼类功能群及其对浮游动物捕食的季节变化[J]. 水产学报, 2010, 34: 548–558.
- [18] 徐宾铎, 金显仕, 梁振林. 秋季黄海底层鱼类群落结构的变化[J]. 中国水产科学, 2003, 10: 148–154.
- [19] 韦晟, 姜卫民. 黄海鱼类食物网的研究[J]. 海洋与湖沼, 1992, 23: 182–192.
- [20] Letourneur Y, Galzin R, Harmelin-Vivien M. Temporal variations in the diet of the damselfish *Stegastes nigricans* (Lacepede) on a Reunion fringing reef[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1997, 217: 1–18.
- [21] Schafer L N, Platell M E, Valesinni F J, et al. Comparisons between the influence of habitat type, season and body size on the dietary compositions of fish species in nearshore marine waters [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2002, 278: 67–92.
- [22] 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: 237–242.
- [23] Pauly D, Palomares M L, Froese R. et al. Fishing down Canadian aquatic food web[J]. Can J Fish Aquat Sci, 2001, 58: 51–62.
- [24] Zhang B, Tang Q, Jin X. Decadal-scale variations of trophic levels at high trophic levels in the Yellow Sea and the Bohai Sea ecosystem[J]. J Mar Syst, 2007, 67: 304–311.
- [25] 程济生, 俞连福. 黄、东海冬季底层鱼类群落结构及多样性[J]. 水产学报, 2004, 28: 29–34.
- [26] Jin X. Variations in fish community structure and ecology of major species in the Yellow/Bohai Sea[D]. Bergen: University of Bergen, 1996.
- [27] 金显仕. 黄、东海渔业资源群落结构与优势种交替[A]. 中国海洋生态系统动力学研究 关键科学问题与研究发展战略[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 62–66.
- [28] 线薇薇, 朱鑫华. 摄食水平对梭鱼的生长和能量收支的影响[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32: 612–620.
- [29] 邓景耀, 孟田湘, 任胜民. 渤海鱼类的食物关系[J]. 海洋水产研究, 1988, 9: 151–171.
- [30] 唐启升, 韦晟, 姜卫民. 渤海莱州湾渔业资源增殖的敌害生物及其对增殖种类的危害[J]. 应用生态学报, 1997, 8: 199–206.

Variation in feeding ecology within the fish community in the north Yellow Sea

ZHANG Bo, WU Qiang, NIU Mingxiang, JIN Xianshi

Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fishery Resources, Ministry of Agriculture; Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Shandong Province; Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China

Abstract: Our objective was to evaluate ecosystem status before and after fishery enhancement. We analyzed the feeding habits, food consumption, and trophic level of the species constituting 90% of total biomass in bottom trawl surveys conducted in May and August of 2010. We compared the traits of the five dominant species (by total biomass) with those collected in 1985 and 2000. In addition, we evaluated decadal-scale variation in the mean TL of the fish community in the north Yellow Sea.

The fish community in the north Yellow Sea was dominated by nine species, though these differed between May and August. The most dominant species in May included small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis*, elongate eelpout *Enchelyopus elongates*, half-fin anchovy *Setipinna taty*, angler *Lophius litulon*, pointhead plaice *Cleisthenes herzensteini*, Pacific cod *Gadus macrocephalus*, and sea perch *Lateolabrax japonicus*. Conversely, in August the fishery was dominated by anchovy *Engraulis japonicus*, sea snail *Liparis tanakae*, small yellow croaker, elongate eelpout, and Pacific cod. Thus, the assemblage in May was characterized by a lack of nektivores, a decrease in the proportion of generalist predators, and an increase in the proportion of zooplanktivores relative to August. The mean trophic level of the fish community was 3.75 in May and 3.57 in August.

The primary prey groups included euphausiids, copepods, hyperiid amphipods, crustacea larva, shrimps, ophiuroidea, bivalvia, polychaeta, and other fish species. We estimated the fish community consumed 0.5 million tons and 19.6 million tons of these prey items in May and August, respectively. Fish and shrimp were the dominant prey groups in May, accounting for 46.9% and 39.2% of the total food consumption, respectively. Similarly, fish, shrimp, and zooplankton were the dominant prey groups in August, accounting for 33.9%, 31.4%, and 30.8% of the total food consumed, respectively. The primary prey species were *Crangon affinis*, *Eualus sinensis*, *Euphausia pacifica*, small yellow croaker, *Johnius belengerii*, and *Ophiura sarsii* in May. Consumption of these species equaled 0.3 million tons, accounting for 65% of the total food consumption. The primary prey species in August were *C. affinis*, *E. sinensis*, *Themisto gracilipes*, *Calanus sinicus*, and anchovy. Consumption of these species equaled 12.4 million tons, accounting for 62.9% of the total food consumption. Thus, as in the central and southern Yellow Sea, *T. gracilipes*, *C. sinicus*, *C. affinis*, *E. sinensis*, small yellow croaker, and anchovy were the most important prey species in the north Yellow Sea.

The mean trophic level of fish community declined from 4.26 in 1985 to 3.66 in 2010 in the north Yellow Sea, or 0.24 decade^{-1} . This decrease was more rapid than in the Bohai Sea and central and southern Yellow Sea and was caused by a shift in the dominant species in the fish community. The percentage of nektivores decreased concomitantly with an increase in generalist predators between 1985 to 2010. The rate of change in trophic level has decreased from 0.28 decade^{-1} between 1985 and 2000 to 0.18 decade^{-1} between 2000 and 2010, but has remained higher than the global rate. Given this, we recommend continuing efforts to enhance the fishery.

Key words: fish community; feeding habit; food consumption; trophic level; north Yellow Sea