

海州湾黄鲫幼鱼的食性及其随叉长的变化

郭斌^{1,2}, 张波¹, 戴芳群¹, 金显仕^{1*}

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东省渔业资源与生态环境重点实验室, 山东 青岛 266071;

2. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 根据2008年8月在黄海海州湾海域进行的定点底拖网调查, 应用K-W非参数秩检验、卡平方检验、方差分析和聚类分析等方法, 对黄鲫幼鱼(35~79 mm)的食物组成及其与叉长之间的关系进行研究。结果表明, 黄鲫幼鱼摄食的饵料种类有40种, 甲壳类(桡足类, 磷虾类和糠虾类)是主要的饵料类群, 占食物总个数的94.65%。优势饵料有小拟哲水蚤、中华哲水蚤、真刺唇角水蚤和太平洋磷虾。黄鲫的摄食强度和食物组成随叉长都有明显的变化。随着叉长的增大, 磷虾类的比例有所增加, 比重从3.57%增加到50.62%, 而桡足类的比例则减少。Levin氏标准指数和叉长成反比, 说明黄鲫幼鱼随着自身生长发育, 其食性逐渐产生特化。黄鲫幼鱼在叉长达到45 mm时, 出现了明显的摄食转换现象。

关键词: 黄鲫; 食物组成; 摄食习性; 叉长变化; 海州湾

中图分类号: Q 958.1; S 917

文献标识码: A

黄鲫(*Setipinna taty*)属鲱科黄鲫属, 是近海集群性小型中、下层鱼类, 印度、缅甸、马来半岛、印度尼西亚、朝鲜、日本和中国等沿海均有分布^[1]。随着传统渔业资源的相继衰退, 黄鲫成为我国黄海海域海洋捕捞的主要对象之一, 20世纪80年代黄鲫的产量呈不断增长的趋势。但近几年随着捕捞强度的增大, 黄鲫资源亦呈现下降趋势^[2]。有关黄鲫摄食习性方面的研究, 目前少有资料对其进行详细的报道。黄鲫既是经济鱼类的饵料, 又可作为捕捞对象, 在海洋食物网结构中以及渔业生产中都扮演着重要角色^[3]。因此, 调查与研究黄鲫的摄食习性, 对加强资源管理与繁殖保护, 都有重要意义。在黄、渤海区黄鲫的越冬场位于济州岛以西及其西南水深30 m左右水域处, 3月上旬随着水温的逐步上升, 即游离越冬场进行产卵洄游。黄鲫的洄游路线大致分三支, 其中一支向北洄游, 分布于整个黄海中部, 从海州湾直至成山头一带的沿岸海区, 4月下旬至5月上旬为其产卵盛期, 产卵后分散在附近海区索饵^[1]。本文以黄

海海州湾黄鲫幼鱼为研究对象, 对其摄食习性进行了初步研究, 旨在为深入了解黄鲫幼鱼对浮游动物的摄食压力和研究黄海中部食物网结构及其变化情况提供一定的基础资料。

1 材料与方法

1.1 样品收集

样品取自2008年8月在黄海中部海州湾海域(34°00'~34°30'N, 120°30'~121°00'W)进行的连续站点底拖网调查, 调查船为黄海水产研究所的资源调查船“北斗”号, 昼夜连续进行。将收集到的黄鲫样品放入冷库中冷冻保存。

1.2 样品分析

将冷冻保存的黄鲫样本带回实验室进行生物学测定, 分别测量每一尾鱼的叉长(mm)和体重(g)。黄鲫叉长范围为35~79 mm, 共207尾。将黄鲫分为7个叉长组: 35~39 mm, 40~44 mm, 45~49 mm, 50~54 mm, 55~59 mm, 60~64 mm, >65 mm。表1列出了用于分析的样品数以及空胃的个数。

收稿日期:2009-12-25 修回日期:2010-04-08

资助项目:国家重点研究发展规划项目(2006CB400607);农业部黄渤海渔业资源环境重点野外科学观测试验站(SOEFRE);山东省泰山学者工程专项

通讯作者:金显仕, E-mail:jin@ysfri.ac.cn

表1 各个叉长组黄鲫幼鱼胃含物样品的情况
Tab.1 Stomach content samples of juvenile
Setipinna taty from each size class

叉长组(mm) size class	尾数 number	空胃数 empty stomachs	空胃率(%) percentage of empty stomachs
35~39	15	3	20
40~44	12	4	33.33
45~49	33	5	15.15
50~54	43	4	9.30
55~59	46	10	21.74
60~64	36	4	11.11
>65	22	2	9.09

胃含物中饵料种类的鉴定在解剖镜以及显微镜下进行,原则上尽可能鉴定到最低的分类单元。根据剩余的残体确定每种饵料的个数,再用1/10 000电子天平称量其实际重量,称重前先用滤纸将饵料表面的水分尽可能的吸干。

1.3 数据分析

用于描述黄鲫幼鱼食物组成的指数是饵料的重量百分比(W%)、个数百分比(N%)和出现频率百分比组成(F%)^[4]。公式如下:

$$\text{重量百分比}(W\%) = \frac{\text{某饵料生物的实际重量}}{\text{胃含物总重量}} \times 100$$

$$\text{个数百分比}(N\%) = \frac{\text{某饵料生物的个数}}{\text{胃含物饵料生物总个数}} \times 100$$

$$\text{出现频率}(F\%) = \frac{\text{某饵料生物的出现次数}}{\text{实胃数}} \times 100$$

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

其中, $FO_i\%$ 代表食物*i*的出现频率百分比组成。

使用个数百分比(N%)来评价各个饵料成分的重要性,选择该指数是因为在鱼类样本长度较小,摄食种类多为小型浮游动物,且数量较多的情况下,使用该指数针对性更强,结果也更加准确^[5-7]。

分别使用 Shannon-Wiener 多样性指数 H' ^[8] 和 Levin 氏标准指数 (Levin's standardized index) B_i ^[9-10] 来判断各个叉长组饵料组成的多样性:

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

$$B_i = \frac{1}{n-1} \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n P_i^2} - 1 \right)$$

式中, P_i 为饵料*i*在食物中的个数百分比; n 为摄食饵料的种类数。 B_i 的值在0~1之间,小于0.6

表明食物中占优势的只有少数几种食物,捕食者是狭食性;大于0.6则表明捕食者是广食性^[11]。

用 Kruskal-Wallis 非参数秩检验和卡平方 (χ^2) 检验平均饱满指数和空胃率的差异情况;用方差分析比较各个叉长组平均每个胃(所有样本的胃)中含有的饵料个数和饵料重量的差异;用 PRIMER v5.0 软件^[12]进行聚类分析,研究各个叉长组食物组成的相似性,以60%的 Bray-Curtis 相似性指数为标准来进行分组^[13],计算公式如下:

$$C_{BC} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S |X_{ij} - X_{im}|}{\sum_{i=1}^S (X_{ij} + X_{im})}$$

式中, C_{BC} 代表 Bray-Curtis 相似性指数, X_{ij} 和 X_{im} 分别代表共有饵料*i*在叉长组*j*和*m*中所占的百分比, S 为叉长组*j*和*m*总共的饵料种类数。饵料的分类阶元会对计算结果产生影响^[14],在进行聚类分析时采用的分类单元是“种”和“属”。

2 结果

2.1 食物组成

分析结果表明,黄鲫幼鱼主要摄食甲壳类、多毛类、腹足类和双壳类4种饵料类群,能够鉴定到种的饵料生物有40种(表2)。

甲壳类是最重要的饵料种类,其重量百分比(93.41%)、个数百分比(94.65%)和出现频率百分比组成(99.81%)都是最高的。在甲壳类中最重要的饵料种类是桡足类和磷虾类。按照个数百分比指数进行比较,桡足类(44.04%)要高于磷虾类(32.36%)。但是由于桡足类体积和重量都很小,因此其重量百分比(5.45%)要远远低于磷虾类(57.51%)。在桡足类中,黄鲫幼鱼摄食较多的种类是小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)、中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)和真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*),个数百分比分别为16.30%、10.22%和7.06%,其次是歪尾宽水蚤(*Temora discaudata*)、剑水蚤(*Corycaeus* sp.)、双刺纺锤水蚤(*Acartia bifilosa*)和近缘大眼剑水蚤(*Corycaeus affinis*),其他的饵料种类个数百分比均不超过1.00%。在黄鲫幼鱼所摄食的磷虾类中,全部为太平洋磷虾(*Euphausia pacifica*),摄食种类单一。甲壳类中另一种较为重要的饵料种类为糠虾类,个数百分比和重量百分比分别达到了7.79%和14.12%,主要

表 2 黄鲫幼鱼的食物组成
Tab. 2 Diet composition of juvenile *Setipinna taty*

饵料种类 prey items	W (%)	N (%)	FO (%)
甲壳类 Crustacea	93.41	94.65	92.48
桡足类 Copepoda	5.45	44.04	41.73
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>	1.37	16.30	12.03
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	1.87	10.22	9.40
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	1.57	7.06	6.39
歪尾宽水蚤 <i>Temora discaudata</i>	0.18	1.95	3.01
剑水蚤 <i>Corycaeus</i> sp.	0.01	1.70	1.88
双刺纺锤水蚤 <i>Acartia bifilosa</i>	0.13	2.19	2.63
近缘大眼剑水蚤 <i>Corycaeus affinis</i>	0.03	1.22	1.50
拟长腹剑水蚤 <i>Oithona similis</i>	0.02	0.73	1.13
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	0.06	0.73	0.75
角水蚤 <i>Pontella</i> sp.	0.07	0.24	0.38
大眼剑水蚤 <i>Corycaeus</i> sp.	+	0.24	0.38
平大眼剑水蚤 <i>Corycaeus dahlia</i>	+	0.24	0.38
刺尾角水蚤 <i>Pontella spinicauda</i>	0.07	0.24	0.38
汤氏长足水蚤 <i>Calanopia thompsoni</i>	0.02	0.24	0.38
长腹剑水蚤 <i>Oithona</i> sp.	+	0.24	0.38
双刺唇角水蚤 <i>Labidocera bipinnata</i>	0.05	0.24	0.38
不可辨认的桡足类 Unidentified copepoda	+	0.24	0.38
介型类 Ostracoda	0.69	1.46	0.75
甲壳类幼体 Crustacea larvae	2.06	3.89	4.14
长尾类蚤状幼体 Maeruran larvae	1.61	3.16	3.01
细螯虾蚤状幼体 Leptochela larvae	0.33	0.49	0.75
短尾类大眼幼虫 Brachyura megalopa larvae	0.12	0.24	0.38
涟虫类 Cumacea	0.61	0.49	0.75
中国涟虫 <i>Bodotria chinensis</i>	0.53	0.24	0.38
不可辨认的涟虫类 unidentified cumacea	0.08	0.24	0.38
端足类 Amphipoda	0.11	0.49	0.75
轮双眼钩虾 <i>Ampelisca Cyclops</i>	0.07	0.24	0.38
双眼钩虾 <i>Ampelisca</i> sp.	0.04	0.24	0.38
糠虾类 Mysidacea	14.12	7.79	10.15
黄海刺糠虾 <i>Acanthomysis hwanhaiensis</i>	3.98	1.70	2.26
小红糠虾 <i>Erythrois minuta</i>	0.62	0.49	0.75
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	8.80	5.35	6.77
囊糠虾 <i>Acanthomysis</i> sp.	0.72	0.24	0.38
磷虾类 Euphausiacea	57.51	32.36	27.82
太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i>	57.51	32.36	27.82
毛虾类 Acetes	7.32	2.19	3.38
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	7.32	2.19	3.38
短尾类 Brachura (Megalopa larvae)	0.72	0.24	0.38
虾类 Decapoda (Macrura larvae)	4.84	1.70	2.63
多毛类 Polychaeta	1.37	1.95	2.63
吻沙蚕 <i>Glycera</i> sp.	0.33	0.73	0.75
索沙蚕 <i>Lumbriconereis</i> sp.	0.42	0.24	0.38
海毛虫 <i>Aphralita australis</i>	0.37	0.24	0.38
齿吻沙蚕 <i>Nephtys</i> sp.	0.07	0.24	0.38
不可辨认的多毛类 unidentified polychaeta	0.18	0.49	0.75
腹足类 Gastropoda	3.87	2.68	3.76
笔帽螺 <i>Creseis</i> sp.	0.03	0.49	0.38
织纹螺 <i>Nassa</i> sp.	1.17	0.49	0.75
宽带梯螺 <i>Papyrisca latifasciata</i>	0.37	0.24	0.38
半褶织纹螺 <i>Nassarius semiplicata</i>	0.52	0.24	0.38
滩栖螺 <i>Notoseila</i> sp.	0.17	0.24	0.38
扁玉螺 <i>Neverita didyma</i>	0.19	0.24	0.38
梯螺 <i>Popyrisca</i> sp.	0.36	0.24	0.38
黄海蛾螺 <i>Buccinum yokamaruae</i>	0.72	0.24	0.38
不可辨认的腹足类 unidentified gastropoda	0.36	0.24	0.38
双壳类 Bivalvia	1.35	0.73	1.13
虹彩樱蛤 <i>Tellina iridessens</i>	0.37	0.24	0.38
不可辨认的双壳类 unidentified bivalvia	0.97	0.49	0.75

注: + 表示所占比例小于 0.01%。

Notes: + indicates that the ratio was smaller than 0.01%.

种类是长额刺糠虾 (*Acanthomysis longirostris*), 个数百分比为 5.35%; 其次为黄海刺糠虾 (*Acanthomysis hwanhaiensis*)。毛虾类和底层虾类也占有一定的比例, 其他种类如甲壳类幼体、短尾类、介型类、端足类和涟虫类则出现的很少。除了摄食甲壳类之外, 黄鲫幼鱼还摄食多毛类、腹足类和双壳类, 不过这三种饵料食物占得比例很小, 其个数百分比分别为 1.95%、2.68% 和 0.73%。

2.2 摄食的叉长变化

经检验发现, 黄鲫幼鱼的平均饱满指数 ($\chi^2 = 30.97, P < 0.001$) 和空胃率 ($\chi^2 = 26.94, P < 0.001$) 虽然都随叉长有显著的变化, 但是空胃率并没有呈现出明显的变化规律, 平均饱满指数则是总体上呈现随叉长增加而递增的趋势 (图 1)。

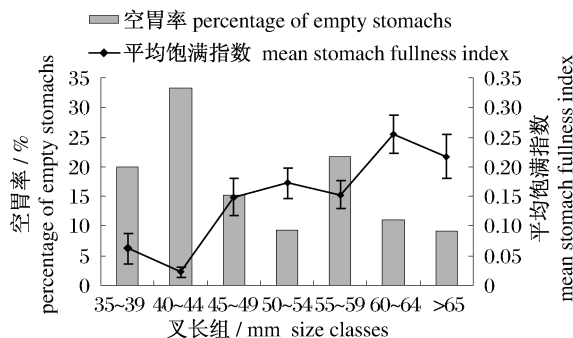


图 1 黄鲫幼鱼各个叉长组的平均饱满指数和空胃率 (竖线表示标准误差)

Fig. 1 Mean stomach fullness index and percentage of empty stomachs for each size class of juvenile *Setipinna taty* (vertical bars indicate SE)

黄鲫幼鱼的食物组成随叉长的变化有明显的差异。根据个数百分比 (图 2), 叉长 45 mm 以下的黄鲫幼鱼主要以桡足类 ($\chi^2 = 96.73, P < 0.001$) 为食, 此外摄食少量的磷虾类和糠虾类。随着叉长的增长, 磷虾类 ($\chi^2 = 52.00, P < 0.001$) 在黄鲫幼鱼胃含物中所占的比例逐渐增加, 尤其是在叉长 55 mm 以后, 磷虾类所占的比例超过桡足类, 成为黄鲫幼鱼主要摄食的种类, 其次为桡足类, 糠虾类次之。

通过计算黄鲫幼鱼各个叉长组的香浓-威纳多样性指数和 Levin 氏标准指数发现, 各个叉长组的香浓-威纳多样性指数 (图 3) 并没有明显的变化规律。而各个叉长组的 Levin 氏标准指数都小于 0.6 (图 4), 说明叉长 35 ~ 79 mm 之间的黄鲫幼鱼的食性为狭食性。此外, 还可以看出,

Levin 氏标准指数随着叉长增加而减小,即黄鲫幼鱼随着自身的生长发育,食性逐渐产生特化。

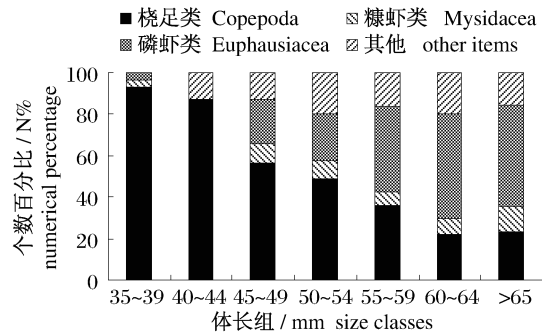


图2 不同叉长组黄鲫幼鱼食物组成的个数百分比
Fig. 2 Diet composition with percentage number of juvenile *Setipinna taty* for each size class

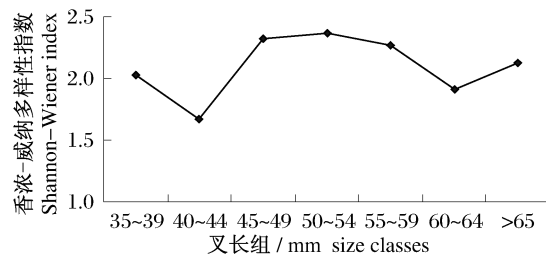


图3 黄鲫幼鱼各个叉长组的香浓-威纳多样性指数
Fig. 3 Shannon-Wiener index for each size class of juvenile *Setipinna taty*

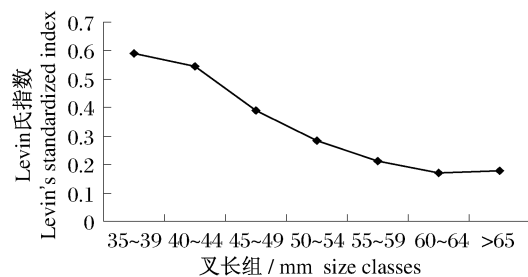


图4 黄鲫幼鱼各个叉长组的 Levin 氏标准指数
Fig. 4 Levin's standardized index for each size class of juvenile *Setipinna taty*

经检验发现,黄鲫幼鱼平均每个胃中含有的饵料个数($F=1.45, P>0.05$)随叉长的增加没有明显的变化,但是饵料重量($F=7.53, P<0.001$)随叉长的增加有显著的变化。随着叉长的增加,每个胃中含有的平均饵料重量有所增加(图5)。

聚类分析将7个叉长组分为两组(图6),其中一组是叉长35~44 mm 的鱼类,另一组是叉长大于45 mm 的鱼类。从饵料来看,叉长35~

44 mm 的黄鲫幼鱼主要摄食桡足类,而叉长大于44 mm 的黄鲫幼鱼则主要摄食桡足类、磷虾类和糠虾类。

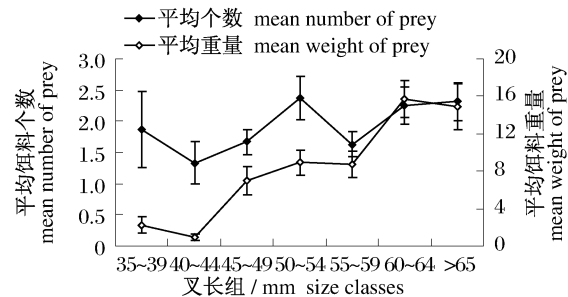


图5 黄鲫幼鱼各个叉长组平均每个胃中的饵料个数和饵料重量(竖线表示标准误差)
Fig. 5 Mean number of prey per stomach and mean weight of prey per stomach for each size class of juvenile *Setipinna taty* (vertical bars indicate SE)

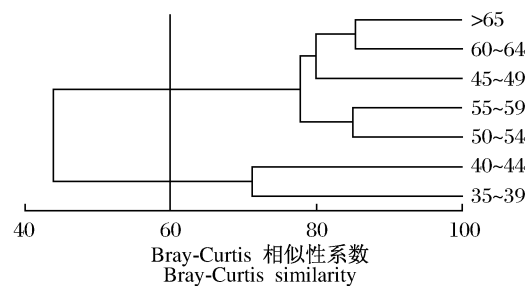


图6 黄鲫幼鱼各个叉长组食物组成的聚类分析
Fig. 6 Cluster analysis of the dietary of juvenile *Setipinna taty* for each size class

3 讨论

3.1 食物组成

浮游动物是多数鱼类幼鱼生长的主要食物。海州湾水域黄鲫幼鱼是以浮游动物为主的狭食性鱼类,根据个数百分比,桡足类(44.04%)和磷虾类(32.36%)是最主要的饵料种类,其次是糠虾类(7.79%)。其摄食的饵料种类多达40种,优势饵料是小拟哲水蚤(16.30%)、中华哲水蚤(10.22%)和太平洋磷虾(32.36%)。本研究的结果与韦晟等^[15]在黄海鱼类食物网的研究中对黄鲫食性的描述略有不同,本研究中黄鲫主要摄食桡足类中的中华哲水蚤、小拟哲水蚤和太平洋磷虾。而韦晟等^[15]研究的黄鲫主要摄食中国毛虾(*Acetes chinensis*)、小眼端足类(*Gammaropsis* sp.)、细螯虾

(*Leptochela gracilis*)、口虾姑(*Stomatopoda* sp.)和脊腹褐虾(*Crangon affinis*)等。这可能是由于本研究中黄鲫的叉长较小,仍处于幼鱼摄食阶段,与成鱼食性略有不同所致。白雪娥^[16]在渤、黄海小黄鱼仔、幼鱼的摄食习性中指出,由于同海区不同年度的饵料种类组成的数量变动和不同海区某些饵料种类组成成分分布特点的不同,在不同程度上会反映到仔、幼鱼的摄食习性上。因此,时间差异和地域差异也可能是导致两次黄鲫食性研究的结果有些不同的原因。

此外,在对相同时间、相同站位取样的小黄鱼的食性研究中^[7],发现 35 ~ 79 mm 的小黄鱼主要摄食真刺唇角水蚤和长额刺糠虾。中华哲水蚤和真刺唇角水蚤都是海州湾海域的主要桡足类种类,小拟哲水蚤分布虽广,但是数量都不大。太平洋磷虾和长额刺糠虾在海州湾海域也有分布^[17]。在相同时间、相同站位、饵料同时存在的情况下,所取得的黄鲫和小黄鱼样本在相同长度范围内,虽然都主要摄食浮游动物,但是主要摄食的浮游动物种类却完全不同,这说明黄鲫和小黄鱼存在着食性分化。由于幼鱼本身活动能力弱,捕食能力有限,摄食生境狭窄,因此,在摄食上产生分化,有助于充分利用资源,减少竞争,增加成活率。

3.2 饵料组成多样性的判断

在本研究中用来判断饵料组成多样性的香浓-威纳多样性指数和 Levin 氏标准指数广泛应用于计算生态位宽度的研究报道中。生态位是描述一个物种在生态系统中的位置,是由物种对栖息地的要求及其对系统的功能和作用所组成。鱼类饵料组成多样性的研究也可以称为是对鱼类在食物利用维度上的生态位宽度的描述。但是国内关于运用生态位方法研究生物群落的文献,大多都集中于研究陆生生物群落结构^[18-20],应用于海洋鱼类群落结构的则较少报道。

国内学者在对鱼类饵料组成多样性的研究中,大多只使用香浓-威纳多样性指数来进行判断^[7,21-22]。郭斌等^[7]和薛莹等^[21]分别发现小黄鱼随着自身的生长发育,其香浓-威纳多样性指数在体长 80 mm 后和 110 mm 后都有明显的增加,以此判断其饵料组成多样性增大,摄食范围有所增加。而在对于陆生生物生态位宽度的研究中,则大多同时使用香浓-威纳多样性指数和 Levin 氏标准指数进行计算及综合对比^[18-20],进

而描述其生态位宽度情况。笔者认为这种方法是可行的,在对鱼类饵料组成多样性的研究中,也应该同时使用香浓-威纳多样性指数和 Levin 氏标准指数进行研究,力求更加准确的描述海洋环境中鱼类的食物生态位宽度情况。在本研究中,黄鲫幼鱼各个叉长组的香浓-威纳多样性指数并没有明显的变化规律,而 Levin 氏标准指数则呈现出随叉长增加而减小的趋势,因此我们能够判断黄鲫幼鱼随着叉长的增加,饵料组成多样性逐渐减小,食性逐渐向狭食性转变。

3.3 食性的叉长变化

以往的研究表明,体长较小的鱼类,摄食强度要高于体长较大的鱼类,这是因为幼鱼的新陈代谢水平要比成鱼高^[23-24]。本研究经统计检验发现,黄鲫幼鱼的摄食强度虽然随叉长有显著变化,但是却没有明显的变化规律。造成这种情况的原因可能是由于黄鲫本身摄食饵料个体较小,种类较多,数量较大,还有一些胃含物已经被完全消化,无法准确称重,计量重量时采用的是换算重量,结果难免会存在一些误差。因此,关于黄鲫摄食强度随叉长的变化,还需做进一步的研究。

从食物组成来看,各个叉长组黄鲫幼鱼均摄食桡足类、磷虾类和糠虾类。然而,随着叉长的增加,较大饵料(磷虾类和糠虾类)在食物中所占的比例逐渐上升,而较小浮游甲壳类(桡足类)的比例则逐渐下降。而且,个体较大的黄鲫幼鱼摄食的饵料重量也较大,说明随着体长的增加,其摄食的饵料个体也增大。这是因为随着鱼类的生长发育,其口器日趋完善,捕食能力也逐渐增强,必然会发生对饵料的种类和大小要求的变化^[25-27]。这一现象符合“最佳摄食理论”,即捕食者总是尽可能的捕食个体较大的饵料,因为捕食大个体的饵料所补充的能量要大于捕食所消耗的能量,从而可以最大限度的获得能量^[28]。

通过聚类分析发现,黄鲫幼鱼叉长达到 45 mm 时有明显的食物转换现象。叉长 35 ~ 44 mm 的黄鲫幼鱼主要摄食桡足类,而叉长大于 45 mm 的黄鲫幼鱼则主要以磷虾类和糠虾类为食。此外,用来描述黄鲫幼鱼饵料组成多样性的 Levin 氏标准指数随着叉长增加而减小,说明黄鲫随着叉长增加,其摄食越来越有针对性。这种食物转换现象的出现,有利于扩大种群的饵料基础,充分利用食物资源以及缓和不同发育阶段鱼类对饵料

的竞争^[29]。而产生这种食性分化的原因应该与黄鲫幼鱼随着生长发育而产生的摄食形态变化有关。摄食浮游动物的鱼类有特殊的摄食方法,只适于摄取一定大小范围的食物^[30]。鱼类随着自身的生长发育,其摄食形态特征,包括取食器官(口、齿、腮耙)、消化道(食道、胃、肠)和体型等因素也发生了变化,并且反映到其摄食习性中去^[31]。因此,进一步研究黄鲫幼鱼的摄食形态特征变化及其食性转化的机制,就成为我们下一步工作的重点。

本研究工作得到了韦晟老师的大力帮助,在此谨致谢意。

参考文献:

- [1] 刘效舜. 黄渤海区渔业资源调查与区划[M]. 北京:海洋出版社,1990:153.
- [2] 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(2):148-154.
- [3] 韦晟,姜卫民. 黄海鱼类食物网的研究[J]. 海洋与湖沼,1992,23(2):182-192.
- [4] Hyslop E J. Stomach contents analysis_a review of methods and their application[J]. J Fish Biol,1980,17(4):411-429.
- [5] Maristela C M, Keshiyu N, Andrea B, et al. Ontogenetic shifts in digestive tract morphology and diet of fish larvae of the Itaipu Reservoir, Brazil[J]. Environmental Biology of Fishes,2005,72:99-107.
- [6] Mario L M, Joseph T E, Priscilla L. Feeding habits of *Bathyraco marri* (Pisces, Notothenioidei, Bathyracoidea) from the Ross Sea, Antarctica[J]. Polar Biol,2007,30:541-547.
- [7] 郭斌,张波,金显仕. 黄海海州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.
- [8] Krebs C J. Ecological methodology[M]. New York: Harper Collins Publishers,1989.
- [9] Hurlbert S H. The measurement of niche overlap and some relatives[J]. Ecology,1978,59(1):67-77.
- [10] Labropoulou M, Eleftheriou A. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection[J]. J Fish Biol,1997,50:324-340.
- [11] Abitia-Cardenas L A, Galvan-Magana F, Gutierrez-Sanchez F J, et al. Diet of blue marlin Makaira mazara off the coast of Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico [J]. Fish Res, 1999, 44: 95-100.
- [12] Clarke K R, Gorley R N. Primer v5: User Manual/Tutorial[M]. Plymouth:Primer-E,2001.
- [13] 张波,唐启升,金显仕. 东海高营养层次鱼类功能群及其主要种类[J]. 中国水产科学,2007,14(6):939-949.
- [14] Green H W, Jaksic F M. Food-niche relationships among sympatric predators: effects of level of prey identification[J]. Oikos,1983,40:151-154.
- [15] 韦晟,姜卫民. 黄海鱼类食物网的研究[J]. 海洋与湖沼,1992,23(2):182-192.
- [16] 白雪娥. 渤海小黄鱼仔幼鱼的摄食习性[C]//太平洋西部渔业研究委员会第八次会议论文集. 北京:科学出版社,1966.
- [17] 程济生,邱盛尧,李培军,等. 黄渤海近岸水域生态环境与生物群落[M]. 青岛:中国海洋大学出版社,2004.
- [18] 胡正华,钱海源,于明坚. 古田山国家级自然保护区甜槠林优势种群生态位[J]. 生态学报,2009,29(7):3670-3677.
- [19] 罗祖兰. 梅花山国家级自然保护区针叶林优势乔木种群生态学研究[J]. 林业勘察设计,2008,1:61-65.
- [20] 谢春平,伊贤贵,王贤荣. 野生早樱群落乔木层优势种群生态位研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2008,34(5):578-585.
- [21] 薛莹,金显仕,张波,等. 黄海中部小黄鱼摄食习性的体长变化与昼夜变化[J]. 中国水产科学,2004,11(5):420-425.
- [22] 朱国平,许柳雄,周应祺,等. 印度洋中西部和大西洋西部水域大眼金枪鱼的食性比较[J]. 生态学报,2007,27(1):135-141.
- [23] 洪惠馨,秦忆芹,陈莲芳,等. 黄海南部、东海北部小黄鱼摄食习性的初步研究[C]//海洋渔业资源论文集. 北京:农业出版社,1962.
- [24] Labropoulou M, Machias A, Tsimenides N, et al. Feeding habits and ontogenetic diet shift of the striped red mullet, *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 [J]. Fish Res,1997,31:257-267.
- [25] Wootton R J. Ecology of teleost fishes [M]. London:Chapman & Hall,1990.
- [26] Carles Alcaraz, Emili G B. Food of an endangered cyprinodont(*Aphanius iberus*): ontogenetic diet shift and prey electivity [J]. Environmental Biology of Fishes,2007,78:193-207.
- [27] Lima-Junior S E, Goitein R. Ontogenetic diet shifts

- of a Neotropical catfish, *Pimelodus maculatus* (Siluriformes, Pimelodidae): An ecomorphological approach [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2003, 68:73 – 79.
- [28] Gerking S D. Feeding ecology of fish [M]. San Diego: Academic Press, 1994.
- [29] Luca C, Maria P S, Maria G F, et al. Food and feeding habits of pearly razorfish, *Xyrichtys novacula* (Linnaeus, 1758), in the southern Tyrrhenian Sea: variation by sex and size [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2005, 72:123 – 133.
- [30] 沈国英,施并章. 海洋生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [31] 刘晓娜. 几种肉食性鱼类摄食形态学适应的初步研究 [J]. *湖北农学院学报*, 1996, 16 (4): 280 – 283.

Diet composition and ontogenetic variation in feeding habits of juvenile *Setipinna taty* in the Haizhou bay

GUO Bin^{1,2}, ZHANG Bo¹, DAI Fang-qun¹, JIN Xian-shi^{1*}

(1. Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Eco-environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;
2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: *Setipinna taty*, is a commercially important fish distributed from the northern East China Sea to the Bohai Sea, and plays an important role in the marine ecosystems. In recent years, the catches were mainly composed of juveniles, and characterized by lower age population structure. In the present paper, the diet composition and ontogenetic variation in the feeding habits of *Setipinna taty* at fork length (FL) of 35 – 79 mm were examined by applying the Kruskal-Wallis test, a chi-squared test and the cluster analysis, according to the total of 207 samples from seasonal bottom trawl surveys in the central part of Yellow Sea in August 2008. Based on stomach contents analysis, the *Setipinna taty* was a generalist and more than 40 prey species were ingested. Crustaceans, including copepodas and euphausiaceas, were the most important prey groups, accounting for 94.65% of the total food by numerical percentage. At the species level, *Paracalanus parvus*, *Calanus sinicus*, *Labidocera euchaeta* and *Euphausia pacifica* were the most important prey. The relative importance of polychaetas, gastropodas and bivalvias was comparatively low. The feeding intensity, as indicated by the percentage of empty stomach (PES) and mean stomach fullness index (MSFI), varied significantly among different classes of sizes. The MSFI increased with increasing fish size, but the PES did not present the obvious trend of change. The percentage of euphausiaceas and mysidaceas increased significantly with increasing fish size, whereas the percentage of copepodas decreased. The Levin's standardized indexes of each group are all below 0.6, which indicated that *Setipinna taty* has narrow dietary breadth. And the Levin's standardized index is less and less with the increasing of fish size, and this shows that the fish's diet becomes more and more especial. So they can make full use of environmental resources and enhance their ability to accommodate the impact of environmental fluctuation. The mean weight of prey, besides, also becomes larger and larger with the increasing of fish size. Cluster analysis revealed that there was an abrupt change in diet composition in the fish at about 45 mm FL. Copepodas dominated the diet of fish smaller than 45 mm FL, whereas euphausiaceas and mysidaceas were the dominant prey for fish greater than 45 mm FL. The result shows that the ontogenetic variation of *Setipinna taty* is not related with the age, but with the length.

Key words: *Setipinna taty*; diet composition; feeding habits; ontogenetic variation

Corresponding author: JIN Xian-shi. E-mail: jin@ysfri.ac.cn